

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ И ПЛАНИРОВКЕ ТЕРРИТОРИЙ

ТОМ 01
№ 4
2022

- СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
- ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ
- ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
- СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА
- ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ
- УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

MODERN TRENDS IN CONSTRUCTION, URBAN AND TERRITORIAL PLANNING
SOVTENDS.ELPUB.RU



Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий

Т. 1, № 4, 2022

Электронный научно-практический журнал

Учредитель и издатель:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)

В журнале публикуются научные статьи по следующим направлениям:

– Строительные конструкции, здания и сооружения;
– Основания и фундаменты, подземные сооружения;
– Строительные материалы и изделия;
– Технология и организация строительства;
– Строительная механика;
– Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов;
– Управление жизненным циклом объектов строительства.

Учредитель и издатель журнала является членом Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС77-83923 от 16 сентября 2022 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Над номером работали:
С.Г. Студенникова, А.О. Северин, С.А. Еременко

Адрес учредителя, издателя и редакции:
344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, тел. +7 (863) 2-738-372
https://stsg-donstu.ru
E-mail: sovtendstr@gmail.com



СОДЕРЖАНИЕ




УДК 69.07
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-4-14

Научная статья



Методика проектирования стальных рам переменного сечения из прокатных двутавров

С. В. Щуцкий ✉, **С. В. Скуратов**, **А. А. Лиманцев**

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
✉ svpike1@rambler.ru

Аннотация

Введение. Статья посвящена проблемам подбора наиболее эффективного с точки зрения металлоемкости двутаврового сечения для создания рамы переменного сечения. Из различных вариантов создания переменных по длине элементов рамы в данной работе рассматриваются элементы, образованные из обычных двутавров путем диагонального роспуска стенок с последующей сваркой, как один из наиболее технологичных вариантов. Для получения наиболее эффективного с точки зрения металлоемкости сечения предлагается применение моносимметричного двутавра, составленного из двух различных позиций сортамента.

Материалы и методы. Изучение научных исследований, посвященных проектированию конструкций из двутавров позволило составить методику вычисления оптимальных параметров сечения. Применение данной методики позволяет найти параметры для нахождения наиболее эффективных для применения сечений из существующего сортамента прокатных двутавров.

Результаты исследования. В качестве объекта исследования рассмотрен каркас здания, запроектированного по рамно-связевой схеме из сварных однопролетных рам с элементами переменного сечения (серии шифра 828КМ). Произведен расчёт в соответствии с предлагаемой методикой. Результаты расчета показывают, что применение моносимметричного двутавра, составленного из двух различных двутавров позволяет наиболее полно использовать несущую способность сечения.

Обсуждение и заключение. В результате применения предлагаемой методики получилось сократить массу двутавра переменного сечения по сравнению с серийным, использующимся при аналогичных нагрузках. Результат исследования позволяет сделать вывод о перспективности применения рам переменного сечения, образованных путем диагонального роспуска двутавров различного сечения с последующей сваркой в строительстве промышленных каркасных зданий.

Ключевые слова: стальная рама, переменное сечение, переменная жесткость, диагональный роспуск, двутавр.

Для цитирования. Щуцкий, С. В. Методика проектирования стальных рам переменного сечения из прокатных двутавров / С. В. Щуцкий, С. В. Скуратов, А. А. Лиманцев // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — Т. 1, № 4. — С. 4–14. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-4-14

Original article

Methodology for Designing the Steel Frames of Variable Cross-Section from Rolled I-Beams

Sergey V. Shchutsky, **Sergey V. Skuratov**, **Alexey A. Limantsev**

Don State Technical University, Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation
✉ svpike1@rambler.ru

Abstract

Introduction. The article tackles the problem of finding the most efficient in terms of metal consumption I-shaped cross-section for creating a frame of variable section. In this paper from various options of creating the variable in length frame elements the authors study the option of creating the elements from the ordinary I-beams by diagonal slitting followed by

welding as one of the most technologically advanced one. To obtain the most efficient in terms of metal consumption cross-section, it is proposed to use a monosymmetric I-beam composed of two different assortment items.

Materials and methods. The review of scientific works related to the topic of designing structures from I-beams allowed the authors to compile a methodology for calculating the optimal section parameters. The implementation of this methodology makes it possible to draw the parameters for finding the most efficient for application cross-sections from the existing assortment of rolled I-beams.

Results. The object considered in this study is a frame of a building designed as the braced frame structure from welded single-span frames with elements of variable cross-section (code 828KM). The calculation was made in accordance with the proposed methodology. The results of the calculation show that the use of a monosymmetrical I-beam, composed of two different I-beams, gives opportunity to use the load-bearing capacity of the section to the fullest extent.

Discussion and conclusion. In the result of implementation of the proposed methodology, it became possible to reduce the mass of an I-beam of a variable cross-section compared to the serial one used under similar loads. The result of the study allows us to conclude that the use of frames of variable section formed of I-beams of various cross-sections by diagonal slitting and subsequent welding in the construction of industrial frame buildings is highly perspective.

Keywords: steel frame, variable cross-section, variable rigidness, diagonal slitting, I-beam.

For citation. S. V. Shchutsky, S. V. Skuratov, A. A. Limantsev. Methodology for Designing the Steel Frames of Variable Cross-Section from Rolled I-Beams, 2022, vol. 1, no. 4, pp. 4–14. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-4-14

Введение. Одной из основных и актуальных проблем современных инженерно-прикладных исследований является ресурсосбережение, имеющее непосредственное практическое значение для строительной отрасли и экономики Ростовской области.

В настоящее время, на фоне изоляции российской экономики от западных стран, увеличивающимися темпами происходит реиндустриализация — восстановление отечественной промышленности [1]. Доля промышленных и промышленно-складских зданий в строительной отрасли увеличивается.

В связи с тем, что наиболее распространенной конструктивной схемой промышленно-складских зданий является металлический каркас из рам с соответствующей системой горизонтальных и вертикальных связей, в работе рассматриваются оптимальные варианты конструирования стальных рам из двутавров переменной жесткости.

На сегодняшний день здания с рамами переменного сечения выпускаются в России многими заводами, оснащенными оборудованием для резки и сборосварки двутавров, например, заводы ООО «ЛИЗСК» г. Липецк и ООО «ЧЗСБ» г. Челябинск. Наиболее массовое применение находят однопролетные рамы с пролетами от 12 до 36 м с шарнирным опиранием стоек на фундамент и жестким сопряжением ригеля с крайними стойками.

Отечественная и зарубежная практика проектирования предлагает следующие варианты конструирования подобных рам:

- использование в качестве стоек и ригелей рам двутавров с перфорированной стенкой;
- использование в качестве стоек и ригелей рам двутавров с гофрированными стенками;
- использование в качестве стоек и ригелей рам двутавров с волнистыми стенками;
- использование в качестве стоек и ригелей рам сварных двутавров со стенкой переменной высоты;
- использование в качестве стоек и ригелей рам с переменной высотой сечения, образованных из прокатных двутавров путем диагонального роспуска стенок с последующей сваркой.

В качестве предмета исследования выбран каркас с применением рам сечением переменной высоты, образованных роспуском и последующей сваркой стенок прокатных двутавров.

Материалы и методы. Основным этапом проектирования каркасов из поперечных рам переменного сечения является статический расчет конструкций на действие внешних нагрузок. Помимо задач статического расчета на данном этапе выполняется поиск эффективной геометрии рам, оптимального распределения жесткостей, оптимизация сечений и технологичности изготовления [2–5]. Для уменьшения массы рамных конструкций рядом исследователей в области проектирования рам переменной жесткости рекомендуется повышать изгибную жесткость сечений за счет увеличения их высоты в местах действия изгибающих моментов с максимальными градиентами, например, в зоне карнизного узла рамы [6]. Настоящий прием позволяет перераспределить изгибающие моменты в зону сопряжения стоек и ригелей рамы, разгрузив пролеты рамы, что позволяет уменьшить металлоемкость и деформативность данных рам.

При расположении исследуемых рамных конструкций в сейсмоопасной зоне, расчет на сейсмические воздействия следует производить в крайних итерациях, так как данные воздействия обычно слабо влияют на усилия в рамных конструкциях вследствие их относительно малой жесткости и массы конструкций каркаса.

Исследованиями в области подбора оптимальных размеров двутавровых сечений [7–9] установлено, что определяющим фактором, влияющим на экономичность изгибаемых двутавров, являются высота сечения и гибкость стенки. В настоящей работе не рассматриваются двутавры, работа стенки которых происходит в закритической стадии, так как в прокатных двутаврах применяется устойчивая стенка, предельная гибкость которой, как правило, не превышает 150 [10].

В рамах переменного сечения максимальные нормальные напряжения в поясах от продольной силы и изгибающего момента действуют на достаточно протяженных участках. При работе таких рам в упругопластической стадии пластические деформации могут распространиться по значительной длине элемента, что может привести к обрушению всей конструкции. Поэтому нормы (СП16.13330.2017 — Стальные конструкции) регламентируют ограничения по развитию пластических деформаций в сечениях рам, вследствие чего такие рамы рассчитываются в упругой стадии. В частности, это выражается в пренебрежении коэффициентом c_x, принимаемым по таблице Е.1 СП16.13330.2017 в зависимости от соотношений площадей полок и стенок рассчитываемых двутавров. В рамках настоящей работы предлагается допущение того, что такого рода напряжения возникают только в карнизной зоне рамы, следовательно, в пролетных сечениях рам переменного сечения допустимо учитывать работу двутавров в упругопластической стадии. Актуальные исследования в области работы балок, испытывающих динамические нагрузки, позволяют сделать вывод о допустимости учета в них пластических деформаций [11, 12].

Чтобы установить размеры зоны допустимых пластических деформаций в числовом значении введем параметр, определяющий вклад продольного усилия на напряженно-деформированное состояние элемента рамы.

При действии предельного изгибающего момента M и предельной продольной силы N в сжатой полке двутавра возникают напряжения, равные в сумме расчетному сопротивлению стали:

$$\sigma_N + \sigma_M = R_y,$$

$$\frac{N}{A} + \frac{M}{W} = R_y,$$

где W и A — момент сопротивления рассматриваемой полки и общая площадь двутавра. Из данной формулы выразим требуемый момент сопротивления:

$$W = \frac{M}{R_y} \cdot \frac{1}{1 - \frac{N}{A \cdot R_y}} \quad (1)$$

Представив M/R_y как W_M — требуемый момент сопротивления сечения при отсутствии продольной силы выражение (1) запишем следующим образом:

$$W = W_M \cdot \frac{1}{1-\frac{\sigma_N}{R_y}} \tag{2}$$

Из данного уравнения как раз и имеется возможность выразить параметр, определяющий долю напряжения от продольной силы $\psi = \frac{\sigma_N}{R_y}$. При значении этого параметра близкого к нулю, рационально учитывать работу сечения в упругопластической стадии.

Оптимальная высота сечения изгибаемого двутавра находится по известной формуле [13]:

$$h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot W \cdot \lambda}\,, \tag{3}$$

где $\lambda = h/t$ — гибкость стенки двутавра.

В первой итерации принимается $h = h_{opt}$. Для симметричного двутавра площадь полки в зависимости от момента сопротивления равна:

$$A_f = \frac{W}{h} - \frac{t \cdot h}{6} \tag{4}$$

Подставив вместо значения высоты двутавра значение оптимальной высоты, получим:

$$A_f = \frac{W}{\sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot W \cdot \lambda}} - \frac{t \cdot h}{6} = \sqrt[3]{\frac{2}{3} \cdot \frac{W^2}{\lambda}} - \frac{t \cdot h}{6} \tag{5}$$

Площадь стенки двутавра:

$$A_w = t \cdot h \tag{6}$$

Также, подставив в данную формулу значение оптимальной высоты, получим при $t = \frac{h}{\lambda}$:

$$A_w = \frac{\sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot W \cdot \lambda}}{\lambda} \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot W \cdot \lambda} = \sqrt[3]{\frac{9}{4} \cdot \frac{W^2}{\lambda}} \tag{7}$$

Подставив (7) в (5), приняв $t \cdot h = A_w$, выразим и площадь полок через момент сопротивления:

$$A_f = 0{,}6552 \cdot \sqrt[3]{\frac{W^2}{\lambda}} \tag{8}$$

Тогда общая площадь симметричного двутавра:

$$A = 2 \cdot A_f + A_w = 2 \cdot 0{,}6552 \cdot \sqrt[3]{\frac{W^2}{\lambda}} + \sqrt[3]{\frac{9}{4} \cdot \frac{W^2}{\lambda}} = 2{,}6208 \cdot \sqrt[3]{\frac{W^2}{\lambda}} \tag{9}$$

Конечные преобразования данных формул, включающих параметр ψ, в частности отраженные в монографии [6], при подстановке формулы (2) в формулу (3) и (9) выглядят следующим образом:

$$h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot \frac{W_M \cdot \lambda}{1-\psi}} \tag{10}$$

$$A = 2{,}6208 \cdot \sqrt[3]{\frac{{W_M}^2}{\lambda \cdot (1-\psi)^2}} \tag{11}$$

Из формулы (10) следует, что оптимальная высота двутавра увеличивается при действии на него сжимающей силы пропорционально параметру $\sqrt[3]{\frac{1}{1-\psi}}$. Фактически сжимающая продольная сила приводит к смещению нейтральной оси сечения и увеличению высоты сжатой зоны стенки, что отрицательно влияет на ее местную устойчивость.

Исследования зависимости величин смещения нейтральной оси [13, 14] от изменения толщины стенки по высоте двутавров, позволяют сделать вывод о том, что влияние смещения нейтральной оси незначительно и при

параметре ψ < 0,2, характерном для рамных конструкций, составляет не более 3 % относительно центра тяжести сечения двутавра с постоянной толщиной стенки. Следовательно, для конструирования элементов рамы переменного сечения нерационально использовать двутавры с различной толщиной стенки, усложняя технологический процесс сварки стенок разной толщины. Также наличие продольной сжимающей силы существенно влияет на увеличение площади полок симметричного двутаврового сечения, поэтому при 0,02 < ψ < 0,1 становится рациональным применение моносимметричных двутавров с развитой сжатой полкой.

Для моносимметричных двутавров моменты сопротивления для сжатой и растянутой полок будут различаться:

$$W_1 = W_M \cdot \frac{1}{1-\frac{\sigma_N}{R_y}};\ W_2 = W_M \cdot \frac{1}{1+\frac{\sigma_N}{R_y}} \quad (12)$$

С учетом коэффициента ψ, формула (12) примет вид:

$$W_1 = W_M \cdot \frac{1}{1-\psi};\ W_2 = W_M \cdot \frac{1}{1+\psi} \quad (13)$$

Тогда соотношение моментов сопротивления полок моносимметричного двутавра будет равно:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{1+\psi}{1-\psi} \quad (14)$$

Геометрически моменты сопротивления полок будут равны отношению момента инерции сечения (J_x) к расстоянию до центров тяжести рассчитываемых полок (y_1, y_2):

$$W_1 = \frac{J_x}{y_1} = A_{f1} \cdot y_1 + A_{f2} \cdot \frac{y_2^2}{y_1} + \frac{A_w}{y_1} \cdot (0{,}5 \cdot h - y_1)^2 + \frac{A_w \cdot h^2}{12 \cdot y_1} \quad (15)$$

$$W_2 = \frac{J_x}{y_2} = A_{f2} \cdot y_2 + A_{f1} \cdot \frac{y_1^2}{y_2} + \frac{A_w}{y_2} \cdot (0{,}5 \cdot h - y_2)^2 + \frac{A_w \cdot h^2}{12 \cdot y_2} \quad (16)$$

Так как

$$J_x = W_1 \cdot y_1 = W_2 \cdot y_2 \rightarrow \frac{W_1}{W_2} = \frac{y_2}{y_1} = \frac{1+\psi}{1-\psi} \quad (17)$$

Формулы (15) и (16) при $y_2 = h - y_1$, и соотношении (17) принимают вид:

$$W_1 = A_{f1} \cdot 0{,}5h \cdot (1-\psi) + A_{f2} \cdot 0{,}5h \frac{(1+\psi)^2}{1-\psi} + A_w \cdot h \cdot \frac{1+3\psi^2}{6 \cdot (1-\psi)} \quad (18)$$

$$W_2 = A_{f1} \cdot 0{,}5h \cdot (1+\psi) + A_{f2} \cdot 0{,}5h \frac{(1-\psi)^2}{1+\psi} + A_w \cdot h \cdot \frac{1+3\psi^2}{6 \cdot (1-\psi)} \quad (19)$$

Решая данную систему уравнений, в конечном итоге получим формулы для нахождения площади полок, аналогичные (4):

$$A_{f1} = \frac{W_\psi}{h \cdot (1-\psi)} - \frac{A_w}{6} \cdot \frac{1-3\psi}{1-\psi} \quad (20а)$$

$$A_{f2} = \frac{W_\psi}{h \cdot (1+\psi)} - \frac{A_w}{6} \cdot \frac{1+3\psi}{1+\psi} \quad (20б)$$

Суммарная площадь моносимметричного двутавра:

$$A_{ms} = A_{f1} + A_{f2} + A_w \quad (21)$$

Подставляя (20) и (21) в формулу (22) в результате преобразований получим

$$A_{ms} = \frac{2 \cdot W_M}{h(1-\psi^2)} + \frac{2}{3} \cdot \frac{h^2}{\lambda \cdot (1-\psi^2)} \quad (22)$$

Поставляя вместо h значение оптимальной высоту двутавра из формулы (3) получим:

$$A_{ms} = \frac{2{,}6208}{(1-\psi)^2} \cdot \sqrt[3]{\frac{{W_M}^2}{\lambda}} \quad (23)$$

Отношение площади симметричного (11) к площади моносимметричного двутавра:

$$\frac{A}{A_{ms}} = (1+\psi)\cdot\sqrt[3]{(1-\psi)} \quad (24)$$

Введем коэффициент асимметрии моносимметричного двутавра $\beta = \frac{A_{f2}}{A_{f1}}$. Тогда, подставляя выражения (20а) и (20б), и пользуясь формулой (7), получим:

$$\beta = \frac{1-\psi}{1+\psi}\cdot\frac{1{,}42-\psi}{1{,}42+\psi} \quad (25)$$

При большом значении коэффициента асимметрии возможно возникновение ситуации, при которой сжимающая продольная сила будет значительно меньшей в сравнении с принятой при подборе сечения. В этом случае сжимающее усилие не будет компенсировать напряжения в растянутой полке моносимметричного двутавра, что необходимо учитывать при расчете.

В отечественных сериях, в том числе и в серии 828КМ в качестве сжатых и растянутых поясов стоек и ригелей рам применяются прокатные двутавры одинакового сечения. С учетом вышеизложенных положений, в частности наличия в элементах рам значительных продольных усилий, предлагается использовать прокатные двутавры разного профиля, имеющие различные площади полок (асимметрию), с роспуском стенок по диагонали и последующей сваркой.

Сборка прокатных двутавров производится посредством выполнения продольного стыкового шва односторонним механизированным способом на флюсовой подушке. Допускается вышеуказанные швы выполнять механизированным способом в среде CO_2 односторонними (на глубину не менее половины толщины стенок двутавров), за исключением участков в карнизных участках рам, где сварные швы должны быть двухсторонними (на длине 1000 мм в стойках рам и 1500 мм — в ригелях рам). Данное требование накладывает ограничения в применимости различных позиций сортамента двутавров. Согласно таблице 10 ГОСТ 14771-76, для сварного соединения типа С8, элементы сборок, находящихся на противоположных сторонах от стыкового шва, должны иметь одинаковую толщину стенок при допустимом отклонении в 1 мм. Так как данное отклонение может привести к появлению эксцентриситета, следствием наличия которого является закручивание двутавра переменного сечения, в исследуемых рамах принято положение о равенстве стенок в элементах рам. По данному требованию предлагается применять для конструирования отправочного элемента рамы двутавры, имеющие одинаковую толщину стенки.

Результаты исследования. В качестве объекта исследования выбран каркас здания плавательного бассейна, запроектированного по рамно-связевой схеме из сварных однопролетных рам с элементами переменного сечения по шифру 828КМ (рис. 1). Рамы приняты с жесткими верхними узлами и шарнирным опиранием на фундамент. Ригель двускатный с уклоном 10 %. В исходном проекте ригели и стойки получают путем роспуска (по наклонной линии) двутавров 50 Б2 и 55 Б2 по ГОСТ 26020-83 на тавры с последующей кантовкой их на 180° и сваркой. Соединения в узлах рамы на высокопрочных болтах М24 из стали 40Х «Селект». Пролет рам — 24 м, шаг рам — 6 м, высота ригеля — 8,295 м (по крайней оси). Центральная часть ригеля рамы выполнена в виде балки переменного сечения с максимальной высотой в коньке здания. Часть ригеля рамы, примыкающая к карнизному узлу, выполнена отдельной отправочной маркой с максимальной высотой сечения в зоне карнизного узла. Стойка рамы выполнена отдельной отправочной маркой, примыкание к боковой части ригеля рамы осуществлено посредством фланцевого соединения.

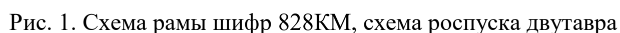


Рис. 1. Схема рамы шифр 828КМ, схема роспуска двутавра

Был произведен линейный расчет рамы методом конечных элементов [15] на действие постоянной и равномерно распределенной снеговой нагрузки. Эпюры внутренних усилий от сочетания этих нагрузок представлены на рис. 2–4.

Рис. 2. Эпюра N

Рис. 3. Эпюра Q

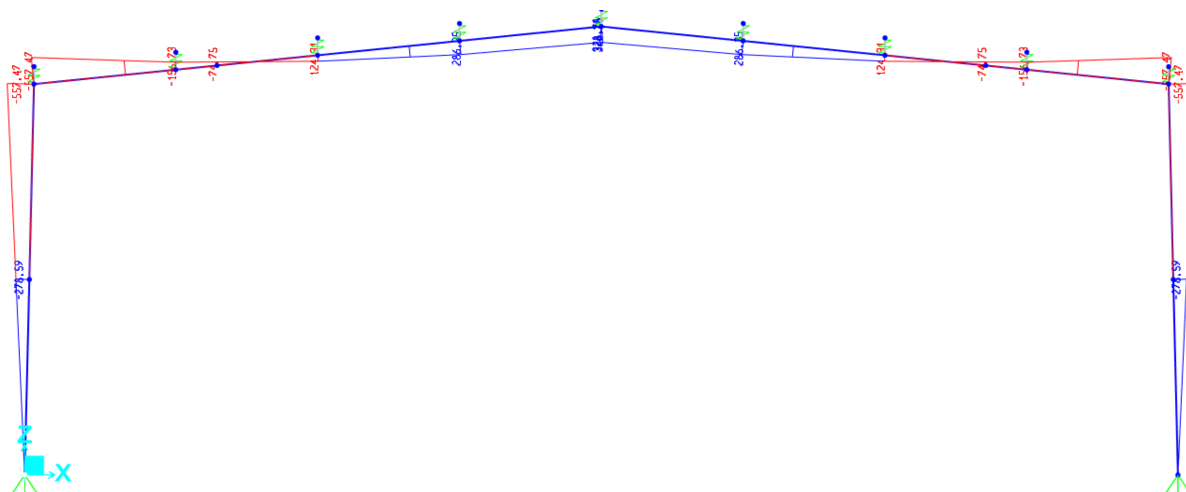
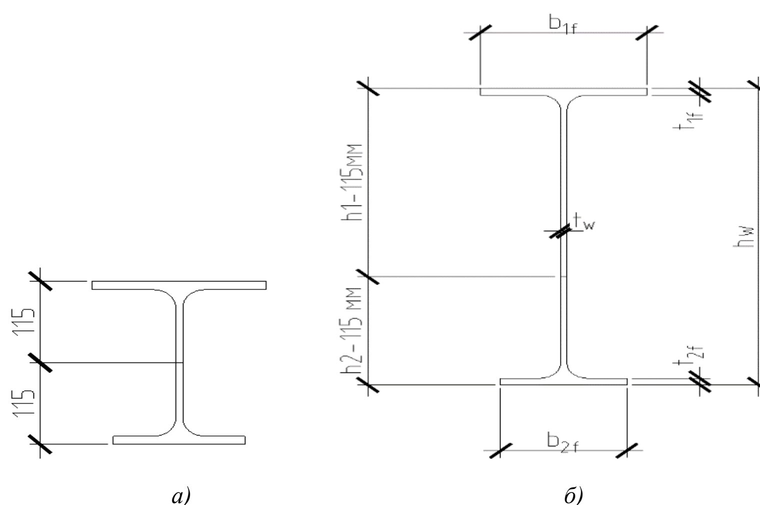


Рис. 4. Эпюра М

Наиболее оптимальное размещение фланцевого соединения в ригеле рамы расположено на расстоянии 4 м от карнизного узла в точке где изгибающий момент меняет знак. Аналог стали Вст3пс6-1, применяемой в серии — сталь С245. На момент разработки типовых конструкций (шифр 828КМ) использование данной стали было обусловлено ее дешевизной в сравнении с низколегированной сталью. В настоящий момент стали, применяемые для балок по ГОСТ Р 57837–2017 указываются с маркировкой Б, и рыночная стоимость низколегированной стали С355 больше на 3–5% для аналогичных балок из стали С255 при существенной разнице в прочности.

В целях унификации минимальная высота профиля составного сечения принимается равной 230 мм, аналогично типовым конструкциям (шифр 828КМ). Данная высота также обусловлена конструктивными требованиями по расположению болтов в фланцевом соединении в точке изменения знака изгибающего момента. На рис. 5 представлены минимальное и максимальное сечение ригеля рамы, образованное путем диагонального роспуска двутавров.



а) *б)*

Рис. 5. Размеры составного сечения ригеля рамы:

а — минимальное сечение, *б* — максимальное сечение

Расчет элементов выполнен по приведенной выше методике. Дискретность сортамента накладывает ограничение на использование двутавров с требуемой толщиной стенки, но недостаточной высотой сечения. Так, в

исследуемом случае расчета сечения в карнизном узле толщину стенки 5 мм имеют двутавры 25Б1 и 20Ш0, однако высоты их совместного сечения будет недостаточно для конструирования составного сечения высотой 640 мм. Ближайшие два двутавра с одинаковой толщиной стенки, подходящие по общей высоте с учетом исключения полок и закруглений с одной стороны сечения — это двутавры 40Б2 и 45Б1.

Вследствие дискретности сортамента возникает необходимость принимать значения высоты сечения ниже оптимальных, что вызывает увеличение площади полок двутавра переменного сечения (рис. 6).

В подобранном сечении высота принята меньше оптимальной, толщина стенки увеличена из-за дискретности сортамента. Учтено выключение части или всей стенки из работы и передача внешнего изгибающего момента и продольного усилия на полки, а также дополнительные требования по местной устойчивости сжатой полки. Значения всех параметров округлены в большую сторону из-за дискретности сортамента. Итоговый ригель рамы состоит из двух прокатных двутавров 45Б1 и 40Б2 общей высотой в карнизной части 616 мм, в точке нулевого момента 230 мм. Габариты сжатой полки 200×13 мм, габариты растянутой полки 199×12 мм (рис. 6).

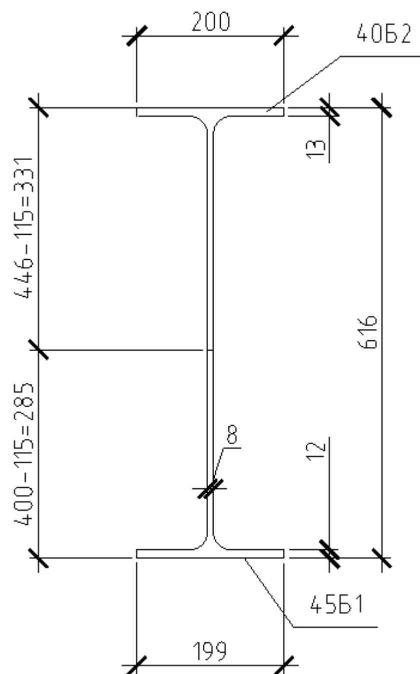


Рис. 6. Подобранное сечение составного двутавра

Обсуждения и заключения. Применение различных позиций сортамента для роспуска и последующей сварки позволило сократить массу двутавра переменного сечения по сравнению с серийной, использующей при аналогичных нагрузках двутавр 45Б2 с диагональным роспуском стенки. Разница в металлоёмкости составила 20,9 %, с поправкой на разницу в стоимости стали — 17,9 %. Результат исследования позволяет сделать вывод о перспективности применения рам переменного сечения, образованных путем диагонального роспуска двутавров различного сечения с последующей сваркой, в строительстве промышленных каркасных зданий.

Библиографический список

1. Наружный, В. Е. Импортозамещение в России: исторический опыт и текущие перспективы / В. Е. Наружный, В. А. Титов, Ю. А. Оболенская // Управленческое консультирование. — 2019. — № 11. — С. 101–112.

2. Избранные задачи по строительной механике и теории упругости. Под общ. ред. Н. П. Абовского. — М.: Стройиздат, 1978. — 189 с.

3. Скачков, С. В. Решение задачи оптимизации конструктивных параметров безраскосных ферм с поясами из тавров / С. В. Скачков // Легкие строительные конструкции: Сб. науч. тр. — Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 1999.

4. Запросян, А. О. Оптимизация сечений сварных составных балок / А. О. Запросян // Легкие строительные конструкции: Сб. науч. тр. — Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 1999.

5. Joseph, E. Bowles. Structural Steel Design. McGraw Hill Book Company. 2007. — 536 p.

6. Катюшин, В. В. Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения: Монография / В. В. Катюшин. — Москва: Изд-во АСВ, 2018. — 1072 с.

7. Беляев, Б.И. Оптимизация сечений балок с поясами из прокатных тавров и стенкой из листовой стали / Б.И. Беляев // Изготовление металлических и монтаж строительных конструкций: Экспресс-информация. — Москва: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1990. — Вып. 4. — 226 с.

8. Milan Jirasek, Zdenek P. Bazant. Inelastic Analysis of structures. JohnWiley & Sons, Ltd., 2008. — 734 p.

9. Каплун, Я. Л. Оптимизация сортамента прокатных профилей: Автореф. дис…. канд. техн. наук. — Москва: Наука, 1971. — 32 с.

10. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. Пособие по проектированию стальных конструкций. — Москва: ЦИТП, Стройиздат, 1989. — 40 с.

11. Лемберг, Е.В. Учет пластических деформаций при колебаниях балки // Конструкторское проектирование и Архитектура. — 2013. — том 3. — № 1. — С. 27–29.

12. Gillman, A.; Fuchi, K.; Buskohl, P.R. Truss-based nonlinear mechanical analysis for origami structures exhibiting bifurcation and limit point instabilities. Int. J. Solids Struct. 2018. — P 80–93.

13. Соболев, Ю.В. О проектировании стальных составных балок рационального сечения / Ю.В. Соболев // Строительство и архитектура. — 1985. — № 1. — С. 18–21.

14. Sidney, M. Levy. Construction Calculations Manual. Elsevier, 2012. — 692 p.

15. Dharmit Thakore. Finite Element Analysis with Open Source Software. Dharmit Thakore, 2014. — 92 p.

Поступила в редакцию 17.11.2022

Поступила после рецензирования 24.11.2022

Принята к публикации 29.11.2022

Об авторах:

Щуцкий Сергей Викторович — заведующий кафедрой «Металлические, деревянные и пластмассовые конструкции» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ORCID, svpike1@rambler.ru

Скуратов Сергей Викторович — доцент кафедры «Металлические, деревянные и пластмассовые конструкции» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ORCID, svskuratov@yandex.ru

Лиманцев Алексей Алексеевич — старший преподаватель кафедры «Металлические, деревянные и пластмассовые конструкции» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1) ORCID, alimantsev@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

С. В. Щуцкий — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, доработка текста, корректировка выводов. С. В. Скуратов — подготовка текста, формирование выводов. А. А. Лиманцев — подготовка текста, формирование выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.





УДК 711.4
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-15-24

Научная статья



Анализ территории реновации для создания концепции ее комплексного развития

К. В. Чубарова ✉, **В. А. Мовина**, **А. Д. Иванов**, **А. В. Хуторенко**

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
✉ karina.chubarova@yandex.ru

Аннотация

Введение. Комплексное развитие территорий (КРТ) является одним из ключевых направлений в современном градостроительстве. Его основные цели: обеспечение устойчивого развития городов и поселений, создание качественной среды и благоприятных условий для жизни. Механизмы КРТ позволяют комплексно подойти к обновлению городской застройки и обеспечить инфраструктурой проектируемые территории. Назначение территории зависит от ее параметров, а также от экономической и социальной ситуации. Таким образом, для создания адекватной концепции девелопмента необходим качественный анализ. Цель представленной работы — показать вариант такого анализа в отношении территории завода «Электроаппарат» (Ростов-на-Дону).

Материалы и методы. По набору факторов изучена территория площадью 28 га в Ворошиловском районе Ростова-на-Дону. Для исследования проблемы повышения качества среды на данном участке задействованы системный подход, методы предметно-логического и сравнительного анализа, геоинформационные технологии. Приводятся основные характеристики объекта, отраженные в нормативно-правовой документации. Сведения об экологических и геологических условиях анализировались с помощью геоинформационной системы. Рассмотрены данные по экономическому критерию оценки, включая запросы предполагаемой целевой аудитории проекта.

Результаты исследования. Согласно генеральному плану, а также правилам землепользования и застройки, на данном участке допустимо возведение всех типов объектов, необходимых современному городу. Таким образом, здесь можно построить жилой комплекс или район с собственной инфраструктурой (коммунальной, социальной, развлекательной, транспортной и пр.). С точки зрения загрязнения атмосферы, пылевого загрязнения и шума, зона считается малоопасной или неопасной. Такая же картина складывается по некоторым геопоказателям, а именно: по типу грунтов, глубине залегания и скорости подъема грунтовых вод. Установлено неудовлетворительное состояние участка по санитарно-гигиеническим характеристикам. Объект следует считать инвестиционно привлекательным, т. к. он находится в развитом районе города. К нему примыкают населенные зоны с хорошо развитой инфраструктурой. Транспортная доступность представляет определенную проблему, что характерно для большинства районов Ростова. Однако генеральный план предполагает перенос за черту города завода «Роствертол» и создание на его месте (250 га) новой уличной дорожной сети. В перспективе это должно существенно улучшить автотрафик. Стоит отметить, что при освоении территории придется демонтировать десятки нефункционирующих объектов капитального строительства площадью около 150 тыс. кв. м, и это потребует серьезных затрат.

Обсуждение и заключение. Авторы систематизировали данные и провели SWOT-анализ, чтобы концентрированно представить преимущества и риски стратегического развития данной территории. Результаты позволяют утверждать, что она подходит для КРТ. Основные преимущества — близость к центру города и хорошая обеспеченность инфраструктурой. Главные недостатки характерны для большинства крупных российских городов. Это проблемы транспортной системы и дороговизна недвижимости. К угрозам следует отнести проекты конкурентов, которые работают рядом с территорией «Электроаппарата», и риски «мыльного пузыря» на рынке недвижимости.

Ключевые слова: градостроительство, строительство, планировочная структура, генеральный план, правила землепользования и застройки, городское благоустройство, комплексное развитие территорий.

Для цитирования. Анализ территории реновации для целей разработки концепции ее комплексного развития / К. В. Чубарова, В. А. Мовина, А. Д. Иванов, А. В. Хуторенко // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — Т. 1, № 4. — С. 15–24. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-15-24

Original article

Renovation Territory Analysis for Creating Its Integrated Development Concept

Karina V. Chubarova ✉, Valeria A. Movina, Alexander D. Ivanov, Andrey V. Khutorenko

Don State Technical University, Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation
✉ karina.chubarova@yandex.ru

Abstract

Introduction. The Integrated Development of Territories (IDT) is one of the major directions of modern urban planning. Its main goals are to ensure sustainable development of cities and settlements, to create high-quality environment and favorable living conditions. The IDT mechanisms make it possible to apply a comprehensive approach to the built-up territories renovation and provision of the designed territories with the necessary infrastructure. The territory designation depends on its parameters as well as on the economic and social situation. Thus, a qualitative analysis is necessary for creating an adequate concept of development. The aim of the present work is to present such an analysis for the territory of «Elektroapparat» plant (Rostov-on-Don).

Materials and methods. The area of 28 hectares in the Voroshilovsky district of Rostov-on-Don was investigated based on a number of factors. To investigate the problem of this territory urban environment quality improvement, the systemic approach, the content-logical and comparative analysis methods, as well as the geoinformation technologies were used. The object's main characteristics reflected in the legal regulatory documentation were presented. The information about ecological and geological conditions was analysed using the geographic information system. The data on economic evaluation criterion was considered, including the project's potential target audience requirements.

Results. According to the Master Plan and the Land Use and Development Regulations, this land plot is acceptable for building all types of facilities necessary for a modern city. Thus, it is possible to build here a residential compound or a district having its own infrastructure (utilities, social, recreational, transport, etc.). With regard to the air contamination, dust pollution and noise the area is considered to be low or non-hazardous. The same state of affairs refers to some geoindicators, namely: the type of soil, groundwater depth and its rise speed. The unsatisfactory sanitary and hygienic conditions of the land plot were discovered. The object should be considered attractive for investment, because it is located in a developed city district. The residential areas with well-developed infrastructure are adjacent to it. Transport reach is a certain problem, although typical for the most of Rostov districts. However, according to the Master Plan the «Rostvertol» plant is intended to be moved outside the city and a new street and traffic network is to be built instead on its territory (of 250 hectares). This should significantly improve the traffic in the future. It should be noted that in the course of territory development, dozens of non-functioning capital construction facilities occupying about 150 thousand square meters will have to be dismantled and this will require serious costs.

Discussion and conclusion. The authors have systematised the data and have conducted a SWOT analysis to concentrate on the benefits and risks of this territory strategic development. The results confirm its suitability for IDT. The main advantages are proximity to the city center and good infrastructure. The main disadvantages are typical for the most of large Russian cities. These are the transportation system problems and high cost of the real estate. The projects of competitors working near the territory of the «Elektroapparat» plant and the risk of «bubbles» in the real estate market should be referred to the threats.

Keywords: urban planning, construction, layout plan, Master Plan, Land Use and Development Regulations, urban improvement, integrated territorial development.

For citation. K. V. Chubarova, V. A. Movina, A. D. Ivanov, A. V. Khutorenko. Renovation Territory Analysis for Creating Its Integrated Development Concept. Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning, 2022, vol. 1, no. 4, pp. 15–24. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-15-24

Введение. Комплексное освоение территории предполагает подготовку документации по планировке территории, образование земельных участков в ее границах, строительство объектов транспортной, коммунальной и социальной инфраструктуры. Стороны договора комплексного освоения территории: исполнительный орган государственной власти или орган местного самоуправления (они предоставляют в аренду участок для комплексного освоения территории) и юридическое лицо — победитель аукциона на право заключения договора аренды.

В 2020 году в России приняли закон «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях обеспечения комплексного развития территорий». Он регулирует вопросы комплексного развития территорий (КРТ) и совершенствования механизмов расселения аварийного и ветхого жилья. Взамен предусмотренных Градостроительным кодексом отдельных решений по комплексному развитию территорий закон 2020 года вводит единый механизм. Это позволяет комплексно обновлять городскую застройку с привлечением внебюджетного финансирования. КРТ курируют федеральные, региональные власти и органы местного самоуправления. Реновации подлежат аварийные и ветхие жилые и нежилые здания. Созданная инвестором инфраструктура передается на баланс муниципалитета. Гарантируется сохранность объектов, имеющих историческую и культурную ценность.

Материалы и методы. Рост антропогенной нагрузки вследствие урбанизации и нерациональное природопользование требуют экологизации градостроительных процессов. Проблему решают введением новых ограничительных мер в сфере охраны окружающей среды и формированием принципиально новых подходов к градостроению и развитию территорий[1] [1].

КРТ требует предпроектного анализа участка и оценки его по многофакторной системе показателей. Метод оценки определяется ее целью. Так, при выборе оптимальной концепции развития территории оценка будет учитывать социальные, экономические, пространственные и экологические факторы[2] [2].

Рассмотрим один из инструментов оценки — экспертизу местоположения объекта. Можно выделить три основных ее критерия: градостроительный, экологический и экономический [3, 4].

Градостроительный позволяет определить основные характеристики существующей застройки:

— типы и состояние зданий и сооружений,

— развитость инженерной инфраструктуры,

— ландшафт,

— наличие объектов культурного наследия.

Экологический критерий учитывает состояние окружающей среды, анализ загрязняющих факторов. Если на исследуемой территории располагались промышленные объекты, в предпроектный анализ рекомендуется включать санитарно-гигиеническую оценку, которая зафиксирует микроклиматические и теллурические условия [4, 5]. Так определяется комфорт и безопасность человека и биологических объектов в целом.

---

1 Стратегия социально-экономического развития Ростовской области на период до 2030 года / Правительство Ростовской области // donland.ru : [сайт]. URL: https://www.donland.ru/activity/2158/#pril32 (дата обращения: 17.12.2022).
2 Основы комплексного развития городских территорий. Концепция устойчивого развития / А. В. Хуторенко [и др.] // Архитектура и градостроительство, дизайн и изобразительное искусство — 2021: теория и история, художественное творчество и проекты : сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. Барнаул : Алтайский гос. тех. ун-т, 2022. С. 178–181.

Экономический критерий учитывает инвестиционную привлекательность объекта. Анализируются рыночная конъюнктура, уровень развития транспортной инфраструктуры, достоинства и недостатки локации, а также юридические аспекты использования территории[3] [6].

Отдельно стоит упомянуть маркетинговую стратегию. Ее первый элемент — позиционирование проекта. Целевыми аудиториями в данном случае будут потенциальные инвесторы и покупатели, бизнес, а также органы власти и управления [7]. Важно продумать стимулы для привлечения партнеров и потребителей.

Авторы представленной работы предлагают систематизировать факторы оценки КРТ и соотнести их с тремя этапами анализа (таблица 1).

Таблица 1

Этапы анализа территории для разработки концепции ее комплексного развития

Этап анализа, критерий	Краткая характеристика	Объекты оценки
1. Градостроительный	Общие характеристики территории, анализ участка в системе городской застройки	• Локация • Площадь • Отражение в генеральном плане • Правила землепользования и застройки • Данные кадастровой карты
2. Экологический	Инженерно-экологические и геологические условия	• Загрязнение атмосферы • Шумовое загрязнение • Пылевое загрязнение • Санитария, гигиена • Топография • Озелененность участка и прилегающих территорий • Геологический риск • Глубина залегания вод • Скорость подъема залегающих вод
3. Экономический	Инвестиционная привлекательность территории	• Инфраструктура • Необходимость расселения и сноса ветхих домов • Наличие объектов культурного наследия • Запрос целевой аудитории и стейкхолдеров

Результаты исследования. Применим описанную методику к анализу комплексной оценки одной из подлежащих девелопменту территорий. Это площадь 28 га в Ворошиловском районе Ростова-на-Дону. Ранее здесь работал завод «Электроаппарат». Предприятие выпускало радиорелейное и электронное оборудование. Его ввели в эксплуатацию в 1955 году. В 2018-м организация обанкротилась.

1-й этап — анализ по градостроительному критерию. Изучена нормативно-правовая документация — генеральный план и правила землепользования и застройки (ПЗЗ) Ростова. В них зафиксированы некоторые направления градостроительной деятельности и ограничения застройки. Согласно генеральному плану, рассматриваемую территорию отвели под строительство жилья. В ПЗЗ данный участок представлен как территориальная зона перспективного освоения второго типа (ПО-2), что открывает широкие возможности для девелопмента. ПО-2 допускает строительство всех видов многоэтажного жилья, социальных, образовательных, медицинских, административных, деловых, культурных учреждений, гаражей, машино-мест, объектов торговли и пр.

2-й этап — анализ по экологическому критерию. Сохранение окружающей среды и рациональное природопользование — базовые требования при освоении территорий. Комплексное развитие и благоустройство обязывает девелопера выполнять мероприятия по обеспечению экологической безопасности. Состояние экологии остается одним из основных индикаторов качества городской среды.

---

[3] Расторгуев Д. Н. Методы комплексной оценки уровня социально-экономического развития территорий // Управление развитием социально-экономических систем : сб. тр. Ульяновск, 2011. С. 193–197.

Для анализа экологической ситуации (таблица 2) использовались данные геоинформационной системы «Зеленый город», разработанной на кафедре «Городское строительство и хозяйство» Донского государственного технического университета (ДГТУ) [2, 8, 9].

Таблица 2

Анализ инженерно-экологических и инженерно-геологических особенностей исследуемой территории (по данным геоинформационной системы «Зеленый город»)

Фактор	Фрагмент электронной карты	Результат анализа
Зонирование по загрязнению атмосферы		Малоопасная зона
Зонирование по пылевому загрязнению		Малоопасная зона
Зонирование по уровню шума		Неопасная и малоопасная зоны
Глубина залегания грунтовых вод		Неопасная и малоопасная зоны
Скорость подъема уровня грунтовых вод		Неопасная и малоопасная зоны
Геологический риск по типу грунтов		Лессовые просадочные грунты I типа. Зоны — малоопасная, опасная

Рельеф на данном участке сглаженный, без резких перепадов высот. Высота — 14 м, понижается с юго-востока на северо-запад. Преобладает редколесье с кустарниками. Рядом расположена роща.

Предварительная оценка санитарно-гигиенических условий показала неудовлетворительное состояние участка. Здесь находятся стихийные свалки, воздух загрязнен. Территория населена паразитами, заросла сорными травами, есть деревья и кустарники, требующие корчевания.

3-й этап — анализ по экономическому критерию. В первую очередь оценивалась социальная и коммерческая инфраструктура, потенциально доступная будущим жителям данной территории. К площадке примыкает населенная зона с высокой доступностью предприятий торговли, сервиса, общественного питания, развлечений. Здесь же работают дошкольные, образовательные учреждения и пр. Таким образом, площадка привлекательна с инвестиционной точки зрения (рис. 1).



Рис. 1. Расположение объектов инфраструктуры на прилегающих к исследуемому участку территориях

Обязательный этап анализа — определение транспортной доступности участка, а также обеспеченность парковочными пространствами (рис. 2).

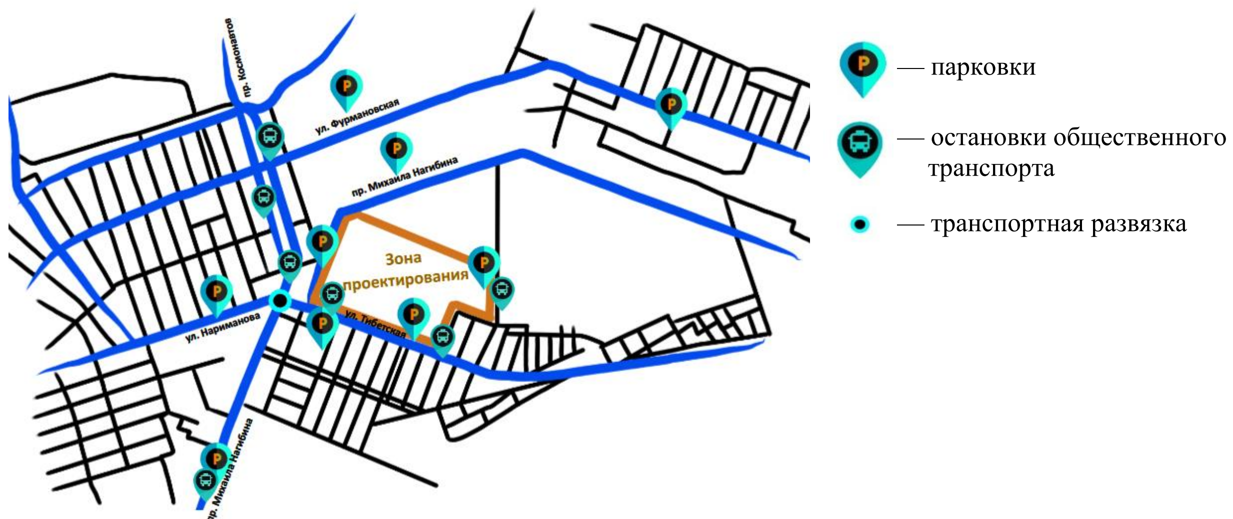


Рис. 2. Транспортная доступность исследуемой территории

Рядом с зоной проектирования проходит проспект Михаила Нагибина. Это одна из наиболее загруженных улиц города. Ежедневно в часы пик на магистрали отмечаются крупные заторы. Проблема вызвана в первую очередь моноцентричностью Ростова. Ситуацию усугубляют особенности рельефа. При проектировании и прокладке новых дорог нужно учитывать Безымянную балку, расположенную между проспектом Ленина и улицей Нансена. К тому же по Нансена проходит железная дорога. Когда-то это была окраина Ростова. Однако город быстро рос, и железнодорожные пути отделили общественно-деловую часть города от крупных селитебных районов. Это серьезно усложнило организацию транспортной системы. Девелоперам, работающим в этой части Ростова, следует иметь в виду еще один ограничивающий фактор. В непосредственной близости от проспекта Нагибина находится закрытая территория завода «Роствертол», которая занимает около 250 га. Стоит уточнить, что генеральный план предусматривает перенос предприятия. На освободившемся участке создадут сеть улиц общегородского и районного назначения, что в перспективе значительно улучшит транспортную доступность исследуемого участка.

Выездное обследование и данные публичной кадастровой карты позволили систематизировать сведения о действующих и выведенных из эксплуатации объектах капитального строительства, расположенных на исследуемой территории (таблица 3, рис. 3).

Таблица 3

Объекты на исследуемой территории

Тип	Количество	% от общей застройки
Многоквартирные жилые дома	10	26
Торговые здания	7	13
Промышленные здания (функционирующие)	11	29
Промышленные здания (неэксплуатируемые)	13	32

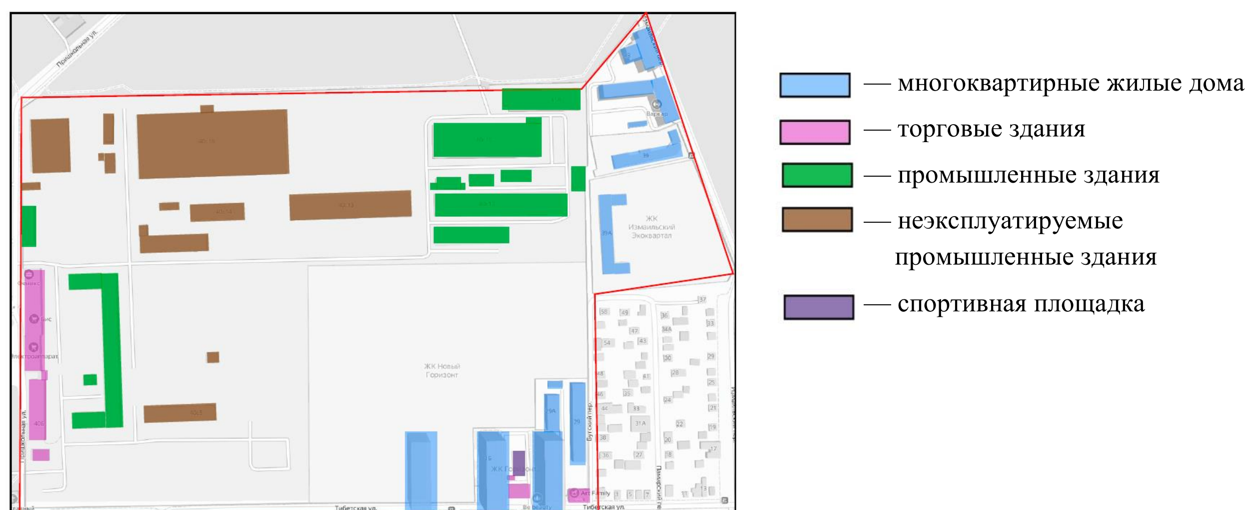


Рис. 3. Функциональное зонирования исследуемой территории

В рамках исследования установлена степень износа зданий на рассматриваемой территории. Ее определили согласно ВСН 53-86 (р)[4]. Более 30 % сооружений на территории заброшены, находятся в аварийном состоянии и подлежат демонтажу (рис. 4). Они занимают примерно 150 тыс. кв. м.

[4] Ведомственные строительные нормы. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН 53-86 (р) / Госгражданстрой // Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации : [сайт]. URL: https://legalacts.ru/doc/vedomstvennye-stroitelnye-normy-pravila-otsenki-fizicheskogo-iznosa (дата обращения 13.12.2022).

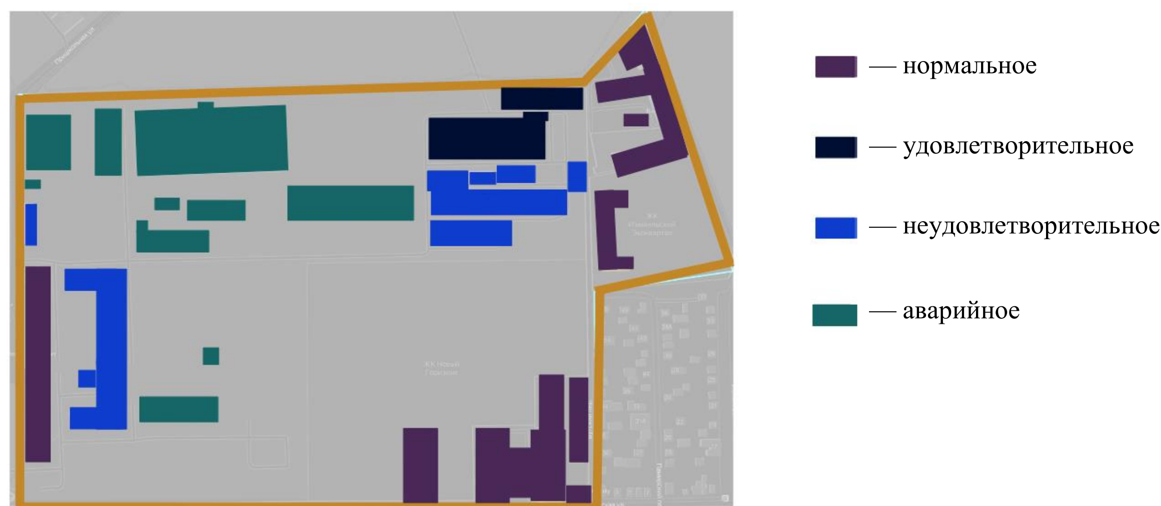


Рис. 4. Данные о физическом износе объектов на исследуемой территории

Разработке концепции комплексной застройки территории предшествует выявление потенциальных стейкхолдеров, а также покупателей и арендаторов жилой и коммерческой недвижимости, которая появится в ходе реализации проекта (табл. 4).

Таблица 4

Целевая аудитория проекта развития исследуемой территории

Целевая аудитория	Основные запросы целевой аудитории
Молодые люди, семейные пары с детьми	современное доступное жилье, закрытая территория, качественная экология, социальная, развлекательная, рекреационная инфраструктура, наличие рабочих мест
Инвесторы	доступ к развитой коммунальной, технологической и технической инфраструктуре, наличие экономически активного населения, способного приобретать жилье на данной территории, развитость среднего и малого бизнеса, который формирует систему подрядных организаций, коммерческая заинтересованность предприятий торговли и сервиса в покупке и аренде деловой недвижимости

Стоит уточнить, что все участники проекта и будущие резиденты территории заинтересованы в ее транспортной доступности.

Авторы использовали информационно-аналитическую систему «Имитационная модель генерального плана» для оценки данной площадки с точки зрения инвестиционной привлекательности разных объектов. При этом задействовали геоинформационные технологии и систему управления базами данных. В результате выяснилось, что на исследуемой территории целесообразно строить многоэтажные жилые дома, административные и офисные здания, образовательные, научные и культурно-развлекательные учреждения. Кроме того, здесь нужно создавать рекреационные территории — парки, скверы и бульвары.

Обсуждения и заключения. Полученные данные стали базой для SWOT-анализа, который систематизирует преимущества и недостатки исследуемой территории для оптимизации ее развития (таблица 5).

Таблица 5

SWOT-анализ исследуемой территории

Сильные стороны	Слабые стороны
Близость к центру города Высокая транспортная доступность Приемлемый уровень шума Коммунальная, социальная, торговая, рекреационная и пр. инфраструктура Отсутствие необходимости расселения людей, проживающих на данной территории	Высокий уровень цен на недвижимость Ограничения в использовании потенциала территории Необходимость сноса объектов капитального строительства Дефицит парковочных мест Транспортные заторы в часы пик
Возможности	**Угрозы**
Реализация комплексной застройки Качественное благоустройство территории Создание комфортной городской среды	Конкуренция со строящимися жилыми комплексами «Новый горизонт» и «Измаильский парк» Высокие нагрузки на инфраструктуру Риски «мыльного пузыря» на рынке недвижимости (заселенность 50–60 %)

В итоге можно сделать заключение, что даже с учетом рисков, характерных для девелопмента в густонаселенных городских районах, следует признать высокую инвестиционную привлекательность проекта развития территории ростовского завода «Электроаппарат».

Библиографический список

1. Бобылев, С. Н. Устойчивое развитие: парадигма для будущего / С. Н. Бобылев // Мировая экономика и международные отношения. — 2017. — № 61. — С. 107–113. DOI: 10.20542/0131-2227-2017-61-3-107-113

2. Шеина, С. Г. Методическое и информационно-аналитическое сопровождение формирования комфортной среды при благоустройстве и озеленении застроенных территорий / С. Г. Шеина, К. В. Чубарова. — Ростов-на-Дону : Изд-во ДГТУ, 2021. — 155 с.

3. Шеина, С. Г. Регенерация уникальной промышленной среды в мировой и российской практике / С. Г. Шеина, К. В. Луговая // Инженерный вестник Дона. — 2021. — № 2 (74). — С. 211–221.

4. Шеина, С. Г. Методика градоэкологического обеспечения сохранения памятников архитектуры на основе мониторинга среды / С. Г. Шеина, Л. Л. Бабенко, П. А. Шумеев // Инженерный вестник Дона : [сайт]. — 2012. — № 4, часть 2. — URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1252 (дата обращения: 17.12.2022).

5. Shcherbina, E. V. Cluster approach in rural settlement development / E. V. Shcherbina, E. V. Gorbenkova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : [сайт]. — 2020. — 032086. — URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/753/3/032086 (дата обращения: 17.12.2022). DOI: 10.1088/1757-899X/753/3/032086

6. Геоэкологические аспекты землепользования и устойчивого развития сельских поселений (на примере села Завидовка Яковлевского района Белгородской области / А. Г. Корнилов, И. А. Гененко, Ю. С. Жеребненко, А. А. Милостной // Научные ведомости Белгородского государственного университета. — 2011. — № 9 (104). — С. 176–183. — (Естественные науки).

7. Шеина, С. Г. Концептуальная модель оценки уровня социально-экономического развития территорий и формирование стратегий развития инвестиционной политики / С. Г. Шеина, Р. Б. Матвейко // Инженерный вестник Дона. — 2012. — № 3 (21).

8. Kievskiy, I. L. Information and mapping technologies as a tool for analysis of city development programs / I. L. Kievskiy, L. V. Kievskiy // International Journal of Applied Engineering Research. — 2015. — Т. 10, № 20. — С. 40893–40898.

9. Sheina, S. G. «Smart City»: Comfortable Living Environment / S. G. Sheina, A. A. Fedorovskaya, K. V. Yudina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : [сайт]. — 2018. — Vol. 463, 032095. — URL: https://iop-science.iop.org/article/10.1088/1757-899X/463/3/032095 (дата обращения: 17.12.2022). DOI: 10.1088/1757-899X/463/3/032095

Поступила в редакцию 17.11.2022

Поступила после рецензирования 24.11.2022

Принята к публикации 29.11.2022

Об авторах:

Чубарова Карина Валерьевна — доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ScopusID, ORCID, karina.chubarova@yandex.ru.

Мовина Валерия Александровна — студент института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID, valeriyamovina2@gmail.com.

Иванов Александр Дмитриевич — студент института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID, ivanovalexander3518@gmail.com.

Хуторенко Андрей Валерьевич — студент института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID, andreymaross@gmail.com.

Заявленный вклад авторов:

К. В. Чубарова — формулирование основной концепции, целей и задач исследования, научное руководство, доработка текста, корректировка выводов. В. А. Мовина — работа со схемами, сбор и анализ данных, фотофиксация объектов на территории. А. Д. Иванов, А. В. Хуторенко — сбор и анализ данных, подготовка текста, формулирование выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.





УДК 624.05
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-25-31

Научная статья



Разработка модели жизненного цикла для ветроэнергетической установки

Н. С. Самарская ✉, **О.Н. Парамонова**, **Е.П. Лысова**, **В.Д. Чистякова**

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
✉ paramonova_oh@mail.ru

Аннотация

Введение. Проекты по внедрению альтернативных источников энергии имеют достаточно большие масштабы. Для его качественного выполнения необходимо определить подход к поставленным целям и задачам. Разработка жизненного цикла объекта строительства в краткие сроки является конкурентоспособным фактором на рынке. В данном исследовании представлен процесс построения модели ветроэнергетической системы. Спроектированная модель даст возможность поэтапно отследить все фазы и стадии жизни проекта — от начала зарождения идеи до ее полного уничтожения (утилизации).

Материалы и методы. В качестве объекта исследования выступала ветроэнергетическая установка, предположительно расположенная в окрестностях сельскохозяйственной фермы. Был проведен сравнительный анализ русской и зарубежной литературы в сфере строительства объектов альтернативной энергетики, собрана и обработана вся необходимая информация для построения жизненного циклаветроэнергетической системы.

Результаты исследования. В результате проведенных исследований рассмотрены ключевые качества модели, выделено и проанализировано пять основных этапов цикла проекта, а именно: инициация, планирование, исполнение, контроль, завершение. Построен полный жизненный цикл объекта исследования — ветроэнергетической установки, в котором с помощью собранной информации и ее углубленного анализа, было выделено семь этапов, суть каждого из которых подробно расписана.

Обсуждение и заключение. Предложенная модель жизненного циклаветроэнергетической установки позволяет определить и оценить риски, найти вовремя решение на их снижение относительно составных частей системы, определить является ли проект экономически эффективным посредством анализа всех затрат и облегчить контроль за работами по внедрению альтернативных источников на основе энергии ветра.

Ключевые слова: жизненный цикл, ветроэнергетическая установка, альтернативная энергетика, технология строительства.

Для цитирования. Разработка модели жизненного цикла для ветроэнергетической установки / Н. С. Самарская, О. Н. Парамонова, Е. П. Лысова, В. Д. Чистякова //Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — Т. 1, № 4. — С. 25–31. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-25-31

Original article

Development of a Wind Power Plant Life Cycle Model

Natalya S. Samarskaya ✉, **Oksana N. Paramonova**, **Ekaterina P. Lysova**, **Veronika D. Chistyakova**

Don State Technical University, Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation
✉ paramonova_oh@mail.ru

Abstract

Introduction. The alternative energy projects implementation scale is quite large. For qualitative execution thereof it is necessary to determine the approach for fulfilment of the set goals and objectives. The development of a construction

object's life cycle within a short period of time is a competitive factor in the market. This study presents the process of building a wind power system model. The designed model will provide an opportunity for step by step tracing of all of the project's life cycle phases and stages, from birth of an idea to complete demolition (recycling).
Materials and methods. A wind power plant presumably located in the agricultural farm neighborhood served the object of the study. The comparative analysis of the Russian and foreign literature on building the alternative energy facilities was carried out, all information necessary for the life cycle modeling was collected and processed.
Results. Upon the research results the key qualities of the model were considered, five main stages of the project's cycle were distinguished and analysed, namely: initiation, planning, execution, control, completion. After in-depth analysis of collected information the full life cycle of the object under study (a wind power plant) was created, in which seven stages were identified and the essence of each stage was detailed.
Discussion and conclusion. The proposed life cycle model of a wind power plant allows identifying and assessing the risks, finding timely solutions for diminishing thereof with regard to the system components, determining project cost-effectiveness through analysis of all costs and facilitating control over implementation of alternative wind energy sources.

Keywords: life cycle, wind power plant, alternative energy, construction technology.

For citation. N. S. Samarskaya, O. N. Paramonova, E. P. Lysova, V. D. Chistyakova. Development of a Wind Power Plant Life Cycle Model. Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning, 2022, vol. 1, no. 4, pp. 25–31. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-25-31

Введение. Последние тенденции в области автономного электроснабжения сельскохозяйственных ферм проявляются в том, что использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является перспективным и экономически выгодным направлением, хотя и должно рассматриваться в совокупности с использованием традиционных видов энергии.

Учитывая то, что сельскохозяйственные фермы имеют ограничения в связи с непосредственным производством продукции потребления, необходимо также принимать во внимание влияние ветроэнергетической установки как объекта энергообеспечения. При этом функционирование объекта оказывает влияние на территорию фермы не только в момент строительства, но и в период эксплуатации [1, 2, 3].

В целом, строительство объекта альтернативного энергообеспечения для сельскохозяйственной фермы позволит:

– повысить энергетическую безопасность;
– снизить потери энергии на транспортировку и распределение;
– повысить надежность энергоснабжения;
– повысить экологическую безопасность.

С целью оценки возможности применения альтернативного источника энергии, такого как ветроэнергетическая установка, для обеспечения энергией сельскохозяйственных ферм, авторами проведены исследования жизненного цикла данного объекта [4–11].

В настоящее время определение «жизненный цикл» используется, как в гуманитарных науках, так и в технических. Полная модель жизненного цикла какого-либо единичного объекта исследования предполагает поочередное представление всех фаз и стадий его жизни с самого зарождения и до полного исчезновения (утилизации).

Рассмотрим два ключевых качества модели полного жизненного цикла [1, 4, 5]:

1) состав (структура) модели жизненного цикла не зависит от того, тот или иной объект описывается, следовательно, носит инвариантный характер относительно изменения вида предмета и его назначения, что делает ее активно применяемой на практике;

2) в цикле существования в любой период времени может быть только процесс деятельности отдельных элементов, который способствуют достижению определенных результатов. Именно этот процесс будет являться исходным и описываться потоками жизненного цикла. Поскольку модель полного жизненного цикла объекта всесторонне описывает его развитие, то в рамках каждого аспекта человеческой деятельности возникает своя конкретная модель жизненного цикла этого объекта. Конкретная модель становится проекцией модели полного жизненного цикла с учетом специфики данного вида деятельности.

Таким образом, обеспечение электроэнергией фермерского хозяйства на основе разработки технологии строительства ветроэнергетической системы (далее ВЭС) и исследования её жизненного цикла является основной задачей в данной работе.

Материалы и методы. В работе представлен анализ теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых, связанных с альтернативной энергетикой. В основе исследования лежат обобщение научных и практических результатов, статистических данные, методы системного и сравнительного анализа, сбора и обработки информации.

Результаты исследования. Планирование любого процесса предполагает координированное выполнение последовательных и параллельных действий для достижения поставленных целей. Структуризация проекта требует разделения его на этапы, что позволит эффективно и успешно выполнять поставленные задачи.

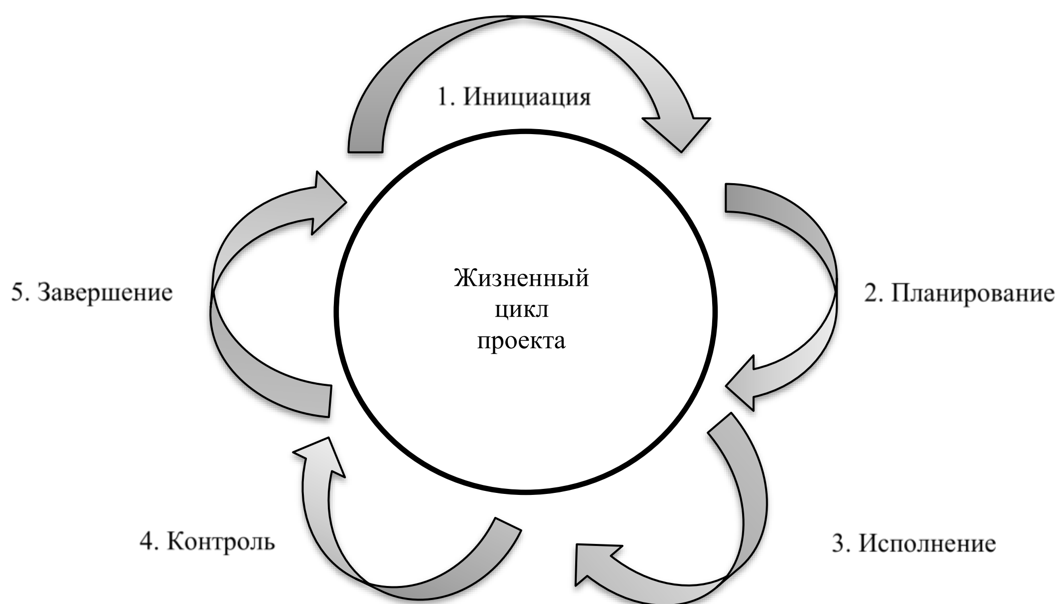


Рис. 1. Этапы жизненного цикла проекта (рисунок авторов)

Любой проект может быть разложен на этапы, подпроекты и фазы, которые могут протекать параллельно, последовательно или накладываться друг на друга и всегда дают промежуточный результат [1–4]. Совокупность и последовательность этих фаз представляет собой жизненный цикл проекта (рис. 1). От того, насколько эффективно организован процесс управления на каждом цикле, зависит успешность проекта.

Жизненный цикл в общем виде делится на 5 этапов [12–17]:

1) инициация — принятие решения о запуске проекта, на этом этапе разрабатывается концепция проекта, происходит анализ необходимости и возможности осуществления проекта, формулируются его цели и задачи, принимаются решения о начале проекта. Задача этого этапа — определение общих целей, исполнение которых приведет каждую из сторон к желаемому результату;

2) планирование включает в себя описание стратегии управления проектом, определение содержания, составление иерархии работ, обозначение стоимости и времени исполнения. Задачами проекта являются: распределение ролей и ответственности, выявление показателей успеха и возможных рисков, составление календарного плана;

3) исполнение — воплощение плана работ в жизнь и достижение поставленных целей. В крупных проектах этот этап разделяют на более мелкие фазы, в соответствии с технологией создания продукта. Этот этап характеризуется максимальными затратами;

4) контроль — этап контролирования ресурсов и своевременного выполнение задач, возможны правки плана проекта. Задача этого этапа — осуществить приемку и одобрение реализованных планов;

5) завершение — достижение конечных целей проекта, подведение итогов, закрытие работ, сдача проекта, подготовка итоговых документов, расформирование команды проекта.

Как и любой объект строительства, ВЭС рассматривается с позиции сложной системы. У каждого проекта есть начальная стадия, стадия реализации и стадия завершения работ. Следовательно, можно представить жизненный цикл ВЭС с момента зарождения идеи до момента утилизации (ликвидации).

Рассмотрим этапы жизненного цикла строительства ВЭС, выделяя основные процессы и особенности каждого (рис. 2).

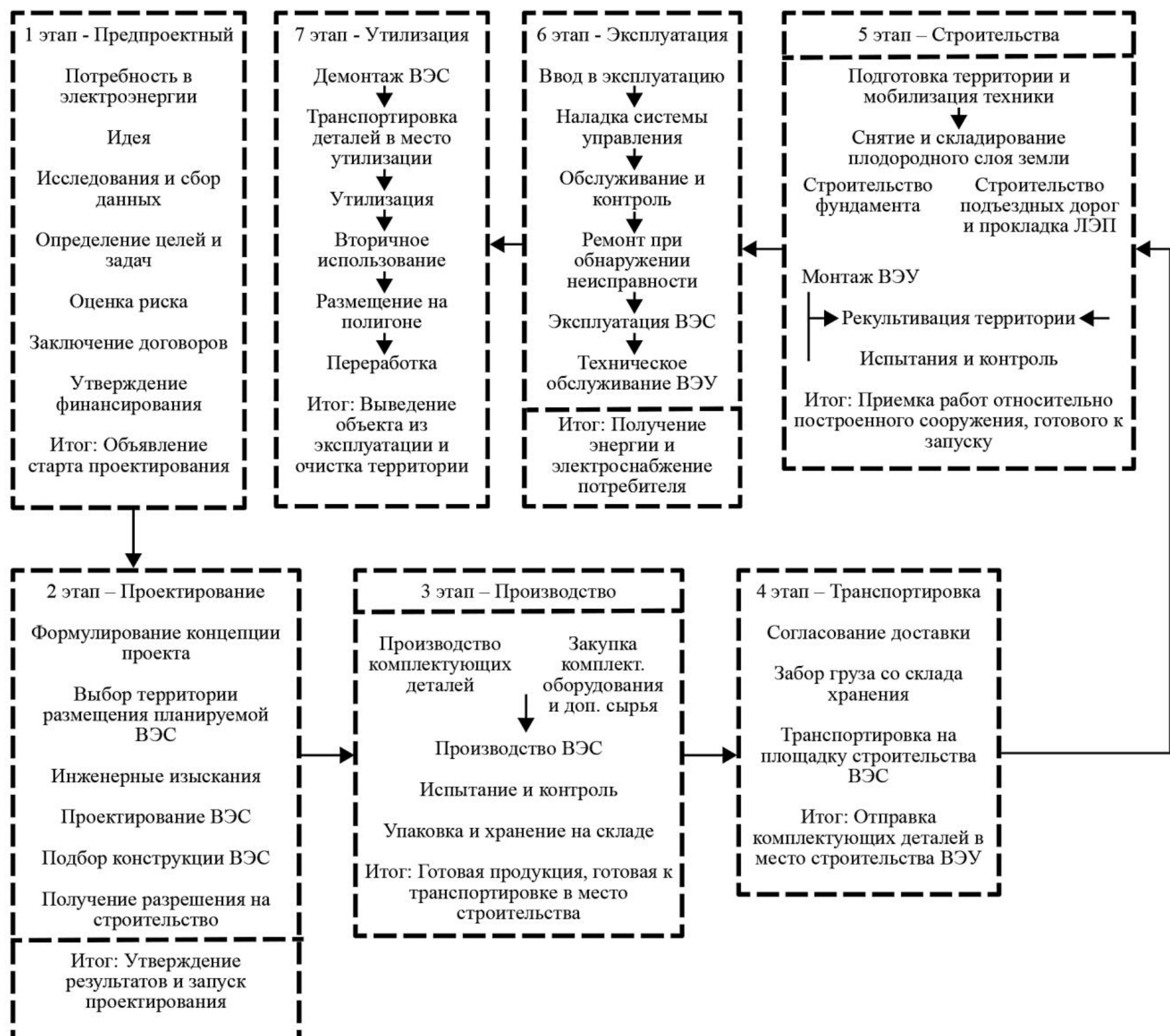


Рис. 2. Модель жизненного цикла ВЭС (рисунок авторов)

Первый этап является предпроектным. Суть предпроектного этапа заключается в анализе рынка и выявлении потребности в электроэнергии для конкретной области (района, местности), определении цели и задачи проектирования, проведении исследования объектов энергоснабжения и электропотребления, в разработке идеи для реализации проекта, технико-экономического обоснования, формирования источников финансирования проекта, в поиске поставщиков сырья и оборудования, в уточнении сроков реализации проекта. На данном этапе осуществляются юридические процессы, связанные с документацией по проекту, оформляется исходно-разрешительная документация.

Вторым этапом жизненного цикла ВЭС является проектирование. На данной стадии создается концепция проекта. В первую очередь разрабатывается техническое задание, в котором содержатся экономические характеристики, режимы работы, внешний вид и общее описание работы ВЭС. Далее происходит эскизное проектирование, разрабатываются схемы и чертежи. В структуру технического проектирования входят рабочие чертежи, схемы, описание принципа действия ветроэнергетического объекта строительства. На основании документации заказчик предоставляет заключение о возможности изготовления продукции. После положительного заключения начинается работа по созданию рабочего проекта.

Третий этап жизненного цикла — производство комплектующих ветроэнергетической установки. На этой стадии совершается материальное представление этапа проектирования. Все составные части агрегата производят в соответствии с требуемыми условиям проектной документации. Комплектующие проходят строгий контроль качества, только после этого могут быть использованы на строительной площадке для установки ВЭС.

Четвертый этап жизненного цикла — транспортировка ветроэнергетической установки и ее комплектующих элементов из мест производства до места сборки (строительной площадки). Этап включает в себя хранение и необходимую упаковку для транспортировки комплектующих элементов в место планируемого строительства. Работы по транспортировке оборудования на территорию размещения объекта выполняются согласно требованиям безопасности. В первую очередь, учитывают:

- сооружение требуемых ограждений;
- тоннажность дорожного покрытия;
- качество и тип дорожного покрытия;
- ширину и просвет дорожного полотна;
- передвижение оборудования согласно местности строительства.

Пятый этап жизненного цикла ветроэнергетической установки — строительство (монтаж) включает в себя подготовку территории и дополнительное строительство для реализации проектной деятельности. Сбор конструкции начинается с заливки фундамента башни и установки опорных конструкций. После установки опор монтируют саму башню ветроэнергетической установки. Затем устанавливают гондолу и все лопасти поочередно. Для гарантии соответствия системе стандартов безопасности труда сборку и монтаж ветроэнергетической установки проводят в соответствии с планами проведения работ.

Шестой этап жизненного цикла — стадия эксплуатации. Производится ввод ветроэнергетической установки в систему, проверяется исправность системы управления. На этом этапе проводится ремонт в случае неисправности, проводится осмотр ВЭС на получение энергии.

Завершающий седьмой этап — утилизация — начинается после должной эксплуатации ВЭС. Осуществляется демонтаж установки, отключение её от системы. Принимается решение по дальнейшей утилизации или вторичном использовании комплектующих деталей [13–17].

Оценка жизненного цикла проекта — процесс подсчета технических, экономических и экологические показателей.

Обсуждения и заключения. При разработке жизненного цикла проекта ВЭС было выявлено, что анализ его этапов является важной составляющей процесса управления, позволяет решить поставленные задачи строительства. В результате исследования было выявлено, что жизненный цикл позволяет определить и оценить риск на каждой отдельной фазе проекта, найти пути его снижения и влияния на основные параметры проекта [4, 5].

Анализ и описание структуры жизненного цикла позволили определить стоимость исследований, разработок, затрат на производство, строительство и утилизацию, что способствовало выявлению экономической целесообразности проекта.

Библиографический список

1. Каткова, К. А. Технологии проектирования систем обеспечения альтернативной энергии / К. А. Каткова, А. Ю. Тычков // Вестник Пензенского государственного университета. — 2021. — №2. — С. 93–101.

2. Сидякин, А. Ю. О потенциале использования альтернативных источников энергии в формировании энергоэффективности зданий / А. Ю. Сидякина, Н. Д. Черныш // Вектор ГеоНаук — 2019. — Т. 2, № 2. — С. 38–44.

3. Безабных, О. В. Альтернативное электроснабжение сельскохозяйственных объектов / О. В. Безабных, Н. В. Коняев, Ю. В. Назаренко // Молодежь и наука: Шаг к успеху. — 2019. — С. 133–135.

4. Ситдикова, З. Ш. Жизненный цикл проекта: фазы и этапы / З. Ш. Ситдикова // Аллея науки 1.3. — 2018. — С. 469–474.

5. Цопа, Н. В. Организационно-экономические особенности оценки строительных проектов с учетом стадии жизненного цикла / Н. В. Цопа, М. И. Стрецкис // Экономика строительства и природопользования — 2019. — 1 (70). — С. 33–39.

6. Назаренко, Ю. В. Обоснование использования альтернативного электроснабжения для крестьянско-фермерских хозяйств / Ю. В. Назаренко // Региональный вестник. — 2018. — № 1. — С. 5–7.

7. Алманбетов, А. А. Альтернативные источники энергии в сельском хозяйстве / А. А. Алманбетов, А. С. Рырсалиев, М. А. Садыков // Научный аспект. — 2021. — Т. 8, № 2. — С. 912–918.

8. Клинцова, В. Ф. Перспективное энергообеспечение сельских населенных пунктов путем использования возобновляемых источников энергии // В. Ф. Клинцова, В. А. Коротинский. Минск, 2019. — 376 с.

9. Кибук, В. М. Альтернативные источники энергии в сельском хозяйстве / В. М. Кибук, К. А. Мачехин // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. — 2021. — № 1. — С. 224–229.

10. Першин, А. И. Применение ветровой и солнечной энергии в сельском хозяйстве // А. И. Першин, Н. А. Харыбина // Проблемы технического сервиса в АПК. — 2021. — С. 217–221.

11. Герасименко, А. А. Использование нетрадиционной энергии для электроснабжения и обогрева сельскохозяйственных потребителей / А. А. Герасименко, М. А. Герасименко, Д. Г. Козлов // Актуальные вопросы энергетики в АПК. — 2018. — С. 66–70.

12. Разуванов, А. А. Комбинированная автономная система электроснабжения для фермерских хозяйств / А. А. Разуванов // Молодежь и XXI век. — 2019. — С. 238–240.

13. Матяш, С. А. Жизненный цикл проекта. Процессы управления проектами / Матяш, С. А., Э-Да Акуа // Новое поколение. — 2014. — № 7. — С. 167–173.

14. Бутин, Д. А. Модели жизненных циклов проекта: сравнительная характеристика / Д. А. Бутин, А. Н. Бурмистров // Неделя науки СПбПУ. — 2016. — С. 310–312.

15. Моисеенко, Ж. Н. Жизненный цикл проекта / Ж. Н. Моисеенко // Форум молодых ученых. — 2021. — С. 538–542.

16. Оценка жизненного цикла и анализ стоимости жизненного цикла ветропарка мощностью 40 МВт с учетом инфраструктуры / К. Ли, Х. Дуань, М. Се, П. Канг, Ю. Ма, Р. Чжун, А.К. Вуппалададиям // Обзоры возобновляемых и устойчивых источников энергии. — 2021. — 138. — 110499.

17. Оценка ресурсов и потенциальное измерение энергии ветра для определения пространственных приоритетов строительства ветряных электростанций в городе Дамган / Заxеди Р., Аболфазл А., Реза Э., Мохаммадхоссейн А. // Международный журнал исследований в области устойчивой энергетики и окружающей среды. — 2022. — 11, вып. 1.— 2021. — С. 1–22.

Поступила в редакцию 10.11.2022

Поступила после рецензирования 19.11.2022

Принята к публикации 19.11.2022

Об авторах:

Самарская Наталья Сергеевна — доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ScopusID, ORCID, nat-samars@yandex.ru

Парамонова Оксана Николаевна — доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ScopusID, ORCID, paramonova_oh@mail.ru

Лысова Екатерина Петровна — доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ScopusID, ORCID, katerina.lysova0803@gmail.com

Чистякова Вероника Дмитриевна — магистрант кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), veronika_chistyakova@list.ru

Заявленный вклад авторов:

Самарская Н.С. — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, анализ результатов исследований. Парамонова О.Н. – научное руководство, доработка текста. Лысова Е.П. – корректировка выводов, формирование графических элементов. Чистякова В.Д. — подготовка текста, формирование выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.




УДК 658.264
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-32-43

Научная статья



Анализ жизненного цикла парогазотурбинных ТЭЦ

В. И. Беспалов, О. С. Гурова, Е. П. Лысова, Г. С. Гришин

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
izos-rgsu@mail.ru

Аннотация

Введение. При выборе оптимальной технологии выработки тепловой и электрической энергии наиболее перспективным с точки зрения обеспечения максимальной достоверности получаемых результатов является метод оценки эколого-экономической эффективности различных объектов, при реализации которого в качестве начального основного этапа принято считать [1, 2] реализацию метода оценки жизненного цикла исследуемого объекта. В качестве научной проблемы авторами выделена необходимость оценки жизненного цикла парогазотурбинных ТЭЦ для выбора оптимальной технологии выработки тепловой и электрической энергии. Целью исследования явилось определение основных этапов и соответствующих им характеристик для жизненного цикла парогазотурбинных ТЭЦ как объекта выработки тепловой и электрической энергии в структуре градостроительных комплексов различного назначения.

Материалы и методы. В основу исследований авторами положен метод оценки жизненного цикла объекта, с учетом системы управления качеством, методов теории выбора и оценки эколого-экономической эффективности различных объектов.

Результаты исследования. В результате исследований установлено, что:

– особый интерес с точки зрения выбора оптимальной технологии когенерации благодаря наличию множества технологических видов их реализации, представляют ТЭЦ;

– применительно к ТЭЦ вполне может быть использован метод оценки жизненного цикла;

– в качестве объекта анализа жизненного цикла авторами принята парогазотурбинная ТЭЦ как обладающая значительными преимуществами по сравнению с другими аналогичными технологиями;

– в результате анализа жизненного цикла парогазотурбинной ТЭЦ авторами установлено, что он включает три основных этапа: строительство (монтаж, наладка и ввод в эксплуатацию), эксплуатация и утилизация, которые занимают наибольшие весовые доли в общем жизненном цикле;

– для каждого из обоснованно выделенных этапов жизненного цикла парогазотурбинной ТЭЦ определены наиболее значимые процессы.

Обсуждение и заключение. Выполненный анализ жизненного цикла позволил установить, что жизненный цикл широко применяемой на практике парогазотурбинной ТЭЦ, представляющей особый интерес с точки зрения выбора оптимальной технологии, включает три основных этапа: строительство, эксплуатацию и утилизацию, которые занимают наибольшие весовые доли в общем жизненном цикле. При этом для каждого из обоснованно выделенных этапов жизненного цикла парогазотурбинной ТЭЦ определены и описаны наиболее значимые процессы.

Ключевые слова: жизненный цикл, теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), парогазотурбинная ТЭЦ, когенерация, этапы жизненного цикла, методы оценки жизненного цикла.

Для цитирования. Анализ жизненного цикла парогазотурбинных ТЭЦ / В. И. Беспалов, О. С. Гурова, Е. П. Лысова, Г. С. Гришин // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — Т. 1, № 4. — С. 32–43. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-32-43

Original article

Life Cycle Analysis of Steam and Gas Turbine CHP Plants

Vadim I. Bespalov ✉, **Oksana S. Gurova**, **Ekaterina P. Lysova**, **Grigoriy S. Grishin**

Don State Technical University, Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ izos-rgsu@mail.ru

Abstract

Introduction. When choosing the optimal heat and electric power generating technology, the most promising in terms of ensuring maximum credibility of obtained results is the method of assessing the environmental and economic efficiency of various objects, which implies the application of the studied object life cycle assessment method to be the initial main stage. The authors tackle the problem of assessing the life cycle of steam and gas turbine CHP plants for selecting the optimal heat and electric power generating technology. The aim of the study is to define the main stages and their corresponding specifications of steam and gas CHP plants' life cycle as facilities generating heat and electric power within the structure of various purpose urban complexes.

Materials and methods. The authors' research is based on the object life cycle assessment method as well as on the quality management system and the theory of selecting and evaluating the various objects' environmental and economic efficiency.

Results. Based on the research, it was found that:

– CHP plants are of particular interest in terms of selecting the optimal cogeneration technology because many technological types of this energy are implemented there;

– the life cycle assessment method may well be implemented at CHP plants;

– the authors have taken a steam and gas turbine CHP plant as an object for the life cycle analysis because it has significant advantage over other similar technologies;

– the life cycle of a steam and gas turbine CHP plant includes three main stages: construction (erecting, setting-up and commissioning), operation and disposal, which have the largest share in the overall life cycle;

– the most significant processes have been identified for each of the distinguished life cycle stages of a steam and gas turbine CHP plant.

Discussion and conclusion. The performed life cycle analysis led to the conclusion that the life cycle of a steam and gas turbine CHP plant, the one commonly used in real life and representing particular interest in terms of choosing the optimal technology, has three main stages occupying the largest share in the overall life cycle: construction, operation and disposal. Besides, the most significant processes were identified and described for each of the distinguished life cycle stages of a steam and gas turbine CHP plant.

Keywords: life cycle, combined heat and power (CHP) plants, steam and gas turbine CHP plant, cogeneration, life cycle stages, life cycle assessment methods.

For citation. V. I. Bespalov, O. S. Gurova, E. P. Lysova, G. S. Grishin. Life cycle analysis of steam and gas turbine CHP plants. Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning. — 2022. — vol. 1, no. 4, pp. 32–43. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-32-43

Введение. Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) в современных условиях представляют собой наиболее эффективные и экономичные энергетические объекты, позволяющие на основе реализации процесса когенерации совместно производить электрическую и тепловую энергии из одного и того же первичного источника [1, 2].

В качестве основных преимуществ реализации технологии когенерации выделяются следующие: экономия энергии топлива, снижение выбросов загрязняющих веществ и низкие затраты на природоохранные мероприятия. При этом в результате сравнения когенерации с технологией раздельной выработки тепловой и электрической энергии установлено (рисунок 1), что в первом случае обеспечивается экономия энергии топлива до 37 %, что, как следствие, приводит к снижению его расхода и соответствующих затрат на него [3,4]. Когенерация позволяет воздержаться от экономически неэффективных затрат на средства передачи энергии, к тому же исключаются потери при транспортировке энергии, так как энергогенерирующее оборудование установлено в непосредственной близости от потребителя.

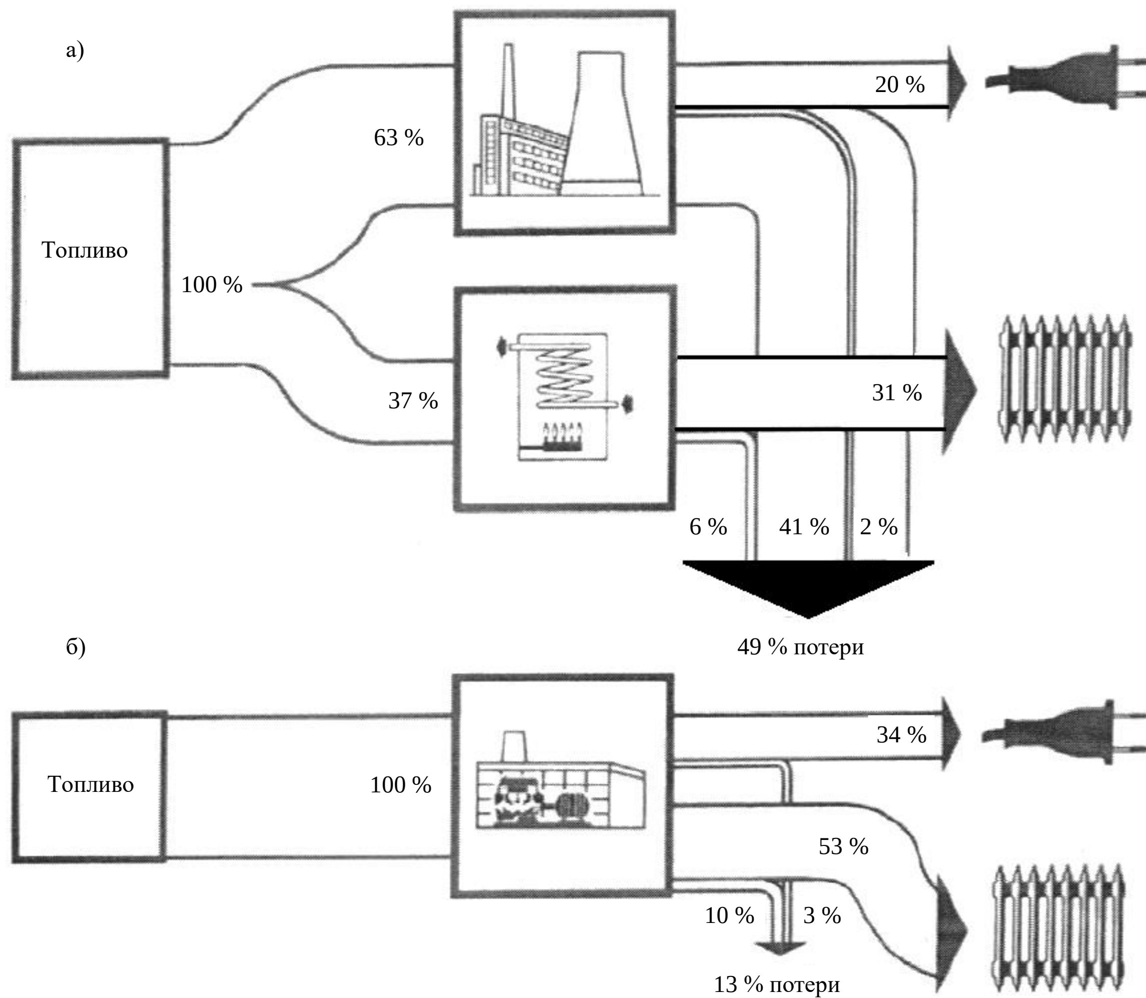


Рис. 1. Технология раздельной выработки тепловой и электрической энергии (а) и когенерация (б) (рисунок авторов)

Кроме того, когенерация обеспечивает возможность весьма гибко и достаточно быстро вносить изменения и дополнения в основную технологическую схему для наращивания мощностей, которое может выражаться как в незначительных, так и в достаточно масштабных конструктивных решениях. Это также связано с возможностью более оперативного регулирования параметров выработки электрической и тепловой энергии в зависимости от графика их потребления.

Когенерационные установки включают первичный двигатель, приводящий в движение электрогенератор, систему утилизации теплоты уходящих газов и вспомогательные системы. При этом в качестве первичного двигателя, как правило, применяют поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС), а также газовые турбины, двигатели Стирлинга, двигатели Зеебека и микротурбины.

Материалы и методы. В связи с тем, что когенерационные установки могут реализовываться различными технологиями, на начальном этапе исследования были рассмотрены их основные виды и особенности.

Одной из таких является установка с газовой турбиной, для которой в качестве топлива могут использоваться газ, биогаз, дизельное топливо, керосин, пропан-бутан, мазут [5]. При этом четыре значения мощности находятся в диапазоне от 0,5 до 200 МВт. В свою очередь, отношение вырабатываемой тепловой энергии к электрической находится в диапазоне от 1,5:1 до 5:1. Для таких установок значения $КПД_{эл}$ находятся в диапазоне от 45 % до 60 %, а значения $КПД_{общ}$ изменяются в пределах от 75 % до 94 %.

Другого рода когенерирующей установкой является установка с микротурбиной, для которой в качестве топлива используется только газ, и в этом случае значения мощности находятся в диапазоне от 0,03 до 0,4 МВт. Отношение вырабатываемой тепловой энергии к электрической находится в диапазоне от 1,5:1 до 5:1, при этом значения $КПД_{эл}$ находятся в диапазоне от 24 % до 53 %, а значения $КПД_{общ}$ — от 80 % до 90 %. Установка с поршневым двигателем с воспламенением от сжатия была также описана в рамках настоящего исследования. В качестве топлива в таких установках используется газ, биогаз, дизельное топливо, керосин, мазут. Значения мощности этих установок находятся в диапазоне от 0,2 до 20 МВт. В свою очередь отношение вырабатываемой тепловой энергии к электрической находится в диапазоне от 0.5:1 – 3:1. Для таких установок значения $КПД_{эл}$ находятся в диапазоне от 45 % до 55 %, а значения $КПД_{общ}$ изменяются в пределах от 75 % до 95 %. Также к рассмотрению принята установка на основе поршневого двигателя с воспламенением от искры, для которой в качестве топлива могут использоваться газ, биогаз, керосин. Значения мощности у таких установок находятся в диапазоне от 0,003 – 6 МВт. В свою очередь отношение вырабатываемой тепловой энергии к электрической находится в диапазоне от 1:1 – 3:1. Для этих установок значения $КПД_{эл}$ находятся в диапазоне от 38 % до 49 %, а значения $КПД_{общ}$ изменяются в пределах от 78 % до 93 %. И, наконец, из числа наиболее эффективных и экономичных когенерационных установок нами принята к рассмотрению установка с парогазовой турбиной (рис. 2), для которой в качестве топлива используются газ, биогаз, дизельное топливо, керосин, пропан-бутановая газовая смесь. Значения мощности у таких установок находятся в диапазоне от 3 до 200 МВт. В свою очередь, отношение вырабатываемой тепловой энергии к электрической находится в диапазоне от 1:1 – 3:1. Для таких установок значения $КПД_{эл}$ находятся в диапазоне от 45 % до 65 %, а значения $КПД_{общ}$ изменяются в пределах от 83 % до 96 %.

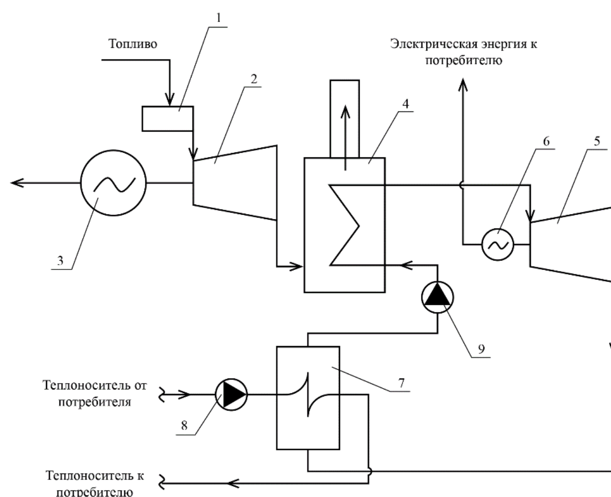


Рис. 2. Схема парогазотурбинной ТЭЦ (рисунок авторов)

Представляет особый интерес альтернатива двигателям внутреннего сгорания - двигатели наружного сгорания [4, 5]. На уровне прототипов наиболее изученным представляется двигатель Стирлинга (рис. 3), который включает тяговый поршень 2 и компрессионный поршень 9, расположенные в одном и том же цилиндре 1. Посредством внешнего двигателя за счет кривошипно-шатунного механизма 3 соответствующие поршни 2 и 9 приводятся в возвратно-поступательное движение. При этом в зонах с охладителем 6 и с нагревателем 8 тепловой камеры 10, связанных соответственно с зоной сжатия 4 и с зоной всасывания 5, происходят подача и отвод тепловой энергии, а по центру тепловой камеры 10 располагается регенератор 7. Основными преимуществами двигателя Стирлинга являются относительно низкий уровень звукового давления, низкие значения концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, достаточно широкий набор видов применяемого топлива и значительный потенциал запаса мощности.

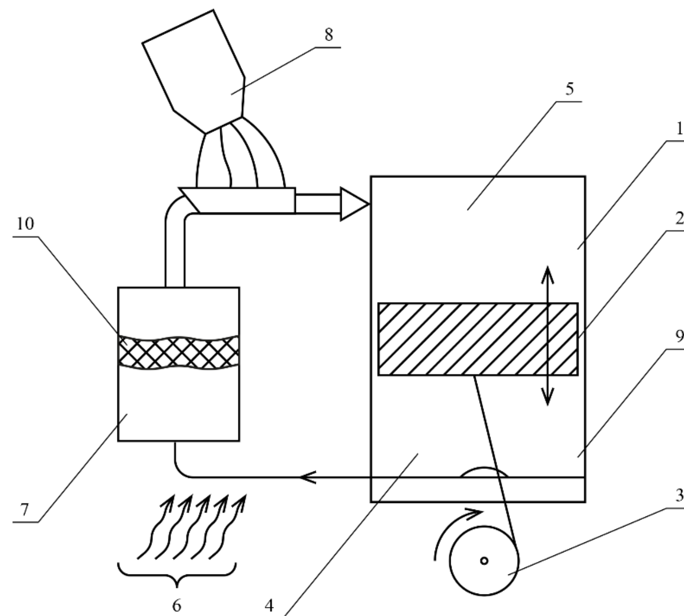


Рис. 3. Схема двигателя Стирлинга с поршнем двойного действия

1 – цилиндр; 2 – тяговый поршень; 3 – кривошипно-шатунный механизм; 4 – зона сжатия; 5 – зона всасывания; 6 – охладитель; 7 – регенератор; 8 – нагреватель; 9 – компрессионный поршень; 10 – тепловая камера

Следует подчеркнуть, что выявлены проблемы, которые не имеют приемлемого технического решения. При этом следует выделить две главные из них. Это нестабильная работа регенератора при ограниченности его размеров и необходимость обеспечения высокой степени жаростойкости тепловой камеры (10) регенератора (7) и тягового поршня (2). Решение этой проблемы, несомненно, возможно на основе применения новых сплавов и более эффективных теплообменников с увеличенным теплообменом. Однако этот двигатель, несмотря на его перспективность практического использования, в настоящий момент находится на стадии испытаний.

Таким образом, представленные выше установки, считаются небольшими и средними, работают с газовыми или дизельными ДВС. Они имеют значения электрической мощности от 0,005 до 5 МВт и тепловой мощности в пределах 0,0012 – 12 МВт от одного двигателя. А установки большой мощности с газовыми турбинами обладают электрической мощностью от 0,5 до 200 МВт, а их тепловая мощность в 2–3 раза больше по сравнению с электрической.

При выборе оптимальной технологии выработки тепловой и электрической энергии наиболее перспективным с точки зрения обеспечения максимальной достоверности получаемых результатов является метод оценки эколого-экономической эффективности различных объектов, при реализации которого в качестве

начального основного этапа принято считать реализацию метода оценки жизненного цикла исследуемого объекта [1, 2, 6]. Рассмотрим более подробно метод оценки жизненного цикла.

Использование метода оценки жизненного цикла [7, 8] любого объекта предполагает анализ материальных и энергетических потоков, который опирается на международные стандарты, которые оперируют основными понятиями: жизненный цикл, элементарный процесс, оценка жизненного цикла, и др., а также определяют принципы, структуру, цели и области применения оценки жизненного цикла. В оценки жизненного цикла входят сбор и оценка входных и выходных потоков, а также потенциальных воздействий на окружающую среду со стороны производственной системы на всех стадиях жизненного цикла продукции. При этом производственная система, представляющая собой совокупность материально или энергетически связанных единичных процессов, выполняет одну или более конкретных функций [6, 9].

При описании производственной системы необходимо учитывать, что она включает в себя описание единичных процессов, элементарных материальных, энергетических и информационных потоков и характеристик, направленных в систему или из нее, а также соответствующих потоков относительно полуфабрикатов, находящихся в процессе производства внутри системы [7,8]. Именно поэтому, предварительно исследуемые производственные системы необходимо разделять на совокупности единичных процессов. Необходимо отметить, что единичные процессы взаимосвязаны потоками продукции, потоками полуфабрикатов и потоками отходов, направляемых на переработку с последующим вторичным использованием, как с другими производственными системами, так и с соответствующими компонентами окружающей среды [6, 9]. Таким образом, в процессе оценки жизненного цикла, прежде всего, собирают данные именно для единичных процессов, представляющих собой минимально возможную часть производственной системы [7, 8]. Известно, что разделение производственной системы на единичные процессы упрощает идентификацию входных и выходных потоков [7, 8]. Следует также отметить, что такая система представляет собой физическую систему, и в каждом единичном процессе должны соблюдаться законы сохранения массы и энергии. Балансы массы и энергии в данном случае целесообразно рассматривать в качестве индикаторов, обеспечивающих возможности подтверждения достоверного описания единичного процесса. При этом границы производственной системы должны определять перечень единичных процессов, которые предполагается включить в оценку жизненного цикла. Идеальную процессную систему следует моделировать таким образом, чтобы входные и выходные потоки на ее границе были элементарными.

Таким образом, оценка жизненного цикла исследуемого объекта состоит из трех основных фаз:

– 1-я фаза: инвентаризационный анализ, включающий сбор и количественное определение входных и выходных потоков для данной производственной системы на всех стадиях жизненного цикла объекта;

– 2-я фаза: оценка воздействия на окружающую среду, направленная на идентификацию самих воздействий, оценку их величины и значимости со стороны производственной системы на каждый компонент окружающей среды;

– 3-я фаза: интерпретация результатов исследования, которая увязывает результаты инвентаризационного анализа и/или оценки воздействия с поставленной целью оценки жизненного цикла и с областью применения для того, чтобы сделать определенные выводы и дать полезные рекомендации.

Результаты исследования. Жизненный цикл парогазотурбинных ТЭЦ рассматривается как единая цепь последовательных и взаимосвязанных стадий каждого варианта когенерирующих установок. Процесс анализа осуществляется от разработки природных ресурсов для изготовления конструктивных элементов соответствующего варианта технологической схемы до утилизации этих элементов (турбины, двигателя,

генератора электрического тока, теплообменников, труб, фасонных частей, запорно-регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов, устройств автоматики, теплоизоляции и т.п.).

В целом жизненный цикл любого объекта включает 12 этапов в соответствии с «кругом качества» [7, 8], а проведенный нами анализ жизненного цикла когенерирующей установки для ТЭЦ позволил выявить 11 этапов (рис. 4).

Для реализации каждого этапа жизненного цикла когенерирующей установки для ТЭЦ необходимо предварительно выполнить сбор и оценку входных и выходных данных, а также потенциальных негативных воздействий на окружающую среду рассматриваемого объекта на всех стадиях его жизненного цикла. При этом идентификацию входных и выходных данных когенерирующей установки для ТЭЦ упрощает ее разделение на элементарные процессы и отдельные конструктивные элементы.

В качестве входных данных должна использоваться информация (параметры) о материалах и энергии, изъятых из окружающей среды без их предварительного искусственного преобразования, а в качестве выходных данных должна использоваться информация (параметры) о материалах и энергии, которые выбрасываются в окружающую среду без их последующего искусственного преобразования.

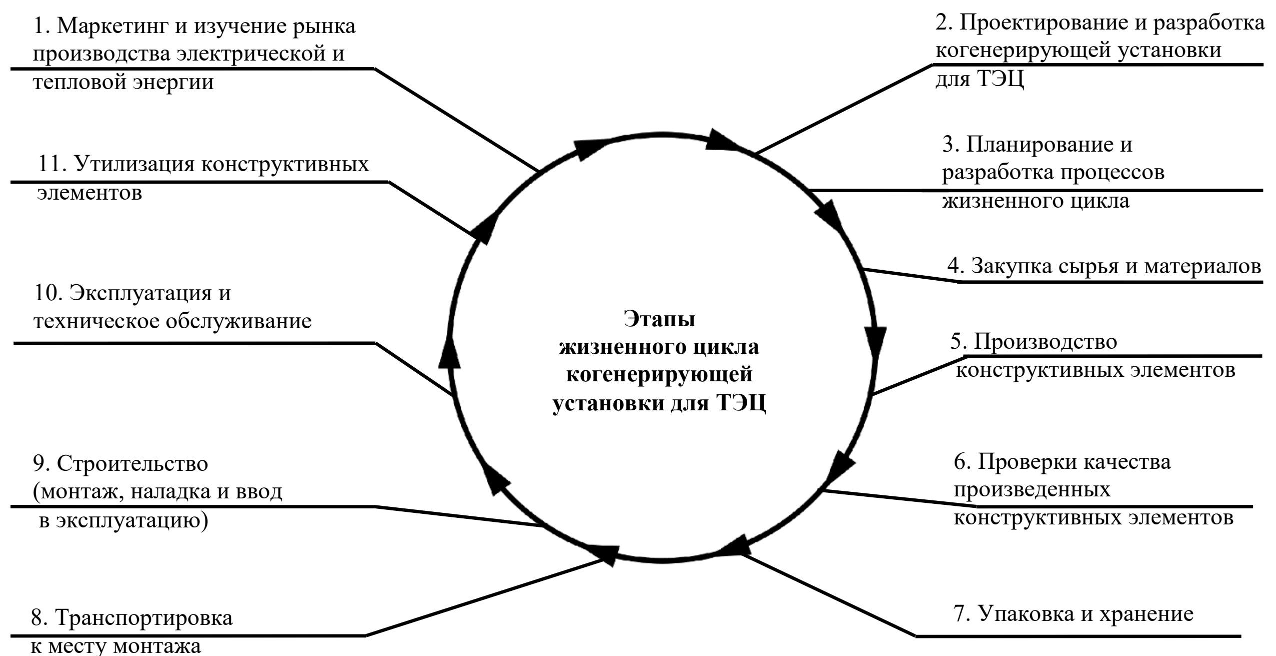


Рис. 4. Этапы жизненного цикла когенерирующей установки для ТЭЦ

Таким образом, применительно к когенерирующим установкам для ТЭЦ можно сделать выводы о следующих преимуществах метода оценки ее жизненного цикла:

– обеспечивается возможность обработки полученной информации в процессе оценки жизненного цикла когенерирующей установки для ТЭЦ с целью перспективного экономически и технологически эффективного принятия оперативных решений при ее производстве, эксплуатации и утилизации;

– обеспечивается возможность оценки экологической безопасности рассматриваемой установки на протяжении всего ее жизненного цикла, а, следовательно, намечать пути улучшения ее экологичности на различных этапах жизненного цикла.

В диапазоне больших значений мощности именно парогазотурбинная ТЭЦ является оптимальной с позиций КПД и материальных затрат установкой, работающей по принципу когенерации и обладающей следующими основными преимуществами:

– обладает возможностью работы установки на нескольких видах топлива;

– характеризуется широким диапазоном значений мощности;

– отдельная установка может обладать достаточно большими предельными значениями мощности (до 200 МВт);

– позволяет использовать различные виды теплоносителя;

– не требует системы охлаждения на основе жидкости;

– обладает весьма низкими значениями выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, позволяя обеспечивать экологическую безопасность;

– обладает максимальными среди установок большой мощности значениями электрического КПД (до 65 %).

Благодаря перечисленным выше преимуществам значительная доля современных видов установок когенерации в мировой практике принадлежит именно парогазотурбинным ТЭЦ. В основе технологии таких ТЭЦ заключена особенность выработки электроэнергии в большей доле по отношению к тепловой энергии. При этом (рис. 2) топливо поступает в камеру сгорания (1) газовой турбины (2), которая совершает механическую работу, передавая энергию основному генератору электрического тока (3), а выхлопные газы с определенным запасом теплоты после турбины 2 поступают в паровой котел (4), в котором генерируется пар с давлением до 80 атм и температурой до 500°С. Получаемый пар поступает в паровую турбину (5), передавая энергию дополнительному генератору электрического тока (6). Пар, уходящий из турбины поступает в сетевой теплообменник-конденсатор (7), конденсируется, и теплота направляется к потребителям на производственные нужды, отопление и горячее водоснабжение с помощью сетевого насоса 8. При этом конденсат с помощью циркуляционного насоса 9 возвращается в паровой котел (4). При этом электрический КПД таких установок может достигать 65 %, а общий КПД — до 96 %.

На рис. 2 рассмотрена общая технологическая схема парогазотурбинной ТЭЦ, хотя видов и конструктивных особенностей схем парогазотурбинных ТЭЦ может быть достаточно много. При таком многообразии схем парогазотурбинных ТЭЦ (таких видов когенерирующих установок) в настоящее время возникает задача выбора оптимальной из них. Причем критериями оптимизации в соответствии с результатами исследований [7, 8, 10] целесообразно принимать энергетический $E_{эн}$, экономический $E_{эк}$ и экологический показатели $E_{экол}$.

В основе такого выбора должен находиться анализ жизненного цикла каждого рассматриваемого варианта когенерирующих установок для парогазотурбинных ТЭЦ, который, в свою очередь, базируется на учете и формализации следующих параметров: мощности, режима работы, вида топлива, надежности, живучести, стоимости, экономической эффективности, выбросы загрязняющих веществ и экологическая эффективность. На протяжении всего жизненного цикла установки основным ориентиром является эколого-экономическая оценка и условия обеспечения экологической безопасности.

В качестве базового примера нами рассмотрена типовая парогазотурбинная ТЭЦ электрической мощностью 80 МВт. С целью выявления этапов и соответствующих им процессов, которые необходимо учитывать и которые можно не учитывать при проведении оценки жизненного цикла рассматриваемой ТЭЦ, нами проведен соответствующий предварительный анализ.

В результате этого анализа нами установлено, что жизненный цикл парогазотурбинной ТЭЦ будет включать следующие три основных этапа, которые являются наиболее значимыми: строительство (монтаж, наладка и ввод

в эксплуатацию), эксплуатация и утилизация. Причем для каждого из этих этапов определены наиболее значимые процессы (рис. 5).

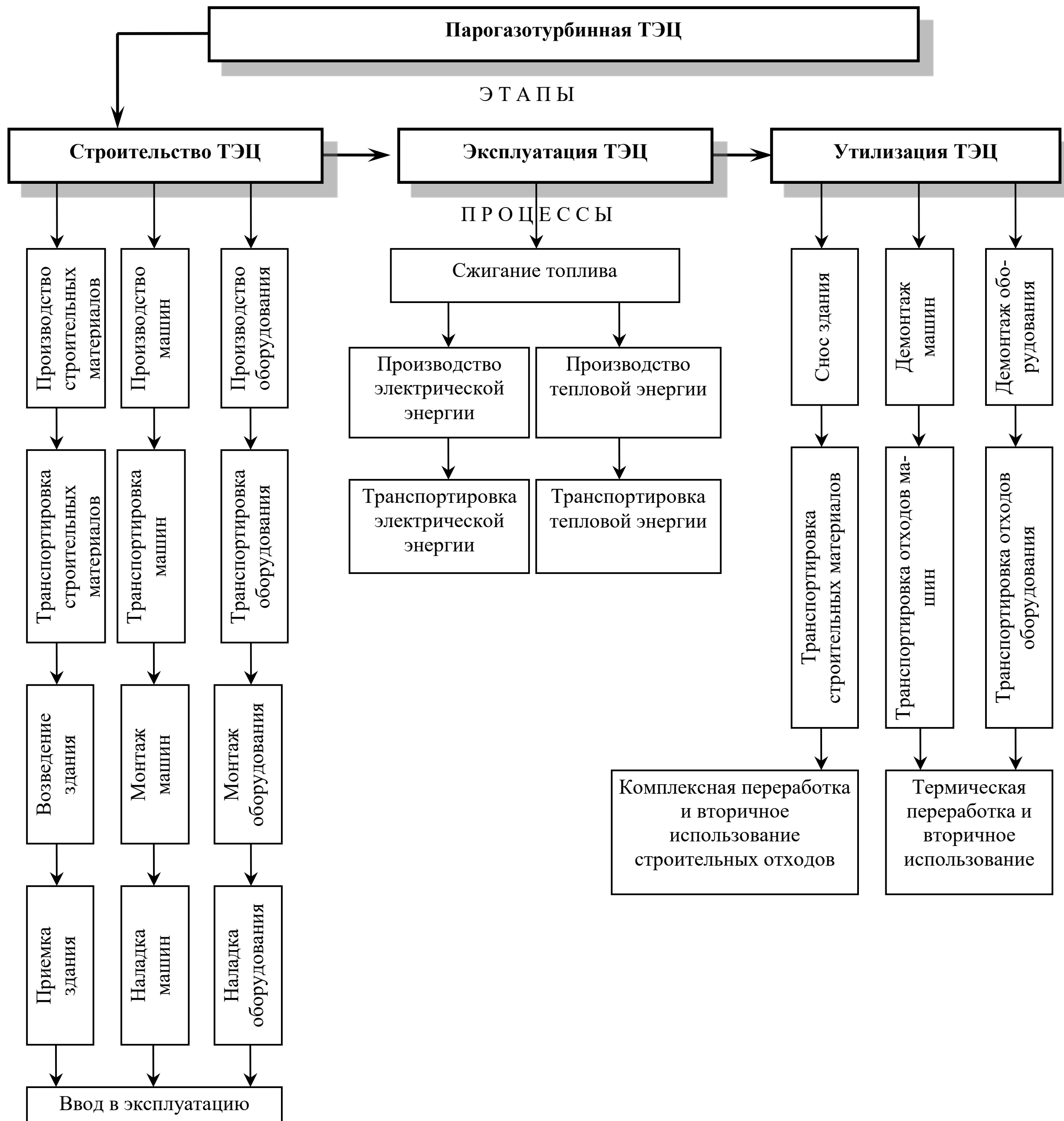


Рис. 5. Этапы жизненного цикла парогазотурбинной ТЭЦ

Обсуждения и заключения. Результаты исследования показали, что метод оценки жизненного цикла рассматриваемого объекта обладает рядом преимуществ.

Использование этого метода

– обеспечивает возможность оценки потенциальных негативных воздействий на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла объекта;

– обеспечивает возможность улучшения состояния окружающей среды производственной системы в различные моменты ее жизненного цикла;

– обеспечивает возможность использования информации, полученной в результате анализа жизненного цикла рассматриваемого объекта, для принятия эффективных решений по стратегическому планированию и определению приоритетов при проектировании и реконструкции объекта или производственного процесса;

– хотя метод оценки жизненного цикла устанавливает только общие структуру, принципы и требования к проведению исследований, однако он обеспечивает возможность выбора научных методик и подходов к исследованиям в каждом конкретном случае.

Таким образом, применительно к конкретному случаю, связанному с исследованиями особенностей когенерации тепловой и электрической энергии на ТЭЦ, можно заключить, что:

– во-первых, метод оценки жизненного цикла вполне может быть использован применительно к ТЭЦ, реализующим процессы выработки тепловой и электрической энергии;

– во-вторых, в современных условиях наиболее эффективными и экономичными являются ТЭЦ, реализующие процесс когенерации электрической и тепловой энергии из одного и того же первичного источника. Именно эти ТЭЦ, благодаря наличию множества технологических видов их реализации, представляют особый интерес с точки зрения выбора оптимальной технологии;

– в-третьих, нами установлено, что в диапазоне больших значений мощности оптимальной с позиций КПД и материальных затрат установкой, работающей по принципу когенерации и обладающей значительными преимуществами, является парогазотурбинная ТЭЦ, которая принята авторами в качестве объекта анализа жизненного цикла;

– в-четвертых, в результате анализа жизненного цикла парогазотурбинной ТЭЦ нами установлено, что он включает три основных этапа: строительство (монтаж, наладка и ввод в эксплуатацию), эксплуатация и утилизация, которые занимают наибольшие весовые доли в общем жизненном цикле;

– в-пятых, для каждого из обоснованно выделенных этапов жизненного цикла парогазотурбинной ТЭЦ определены наиболее значимые процессы:

– для этапа строительства ТЭЦ: процессы производства строительных материалов, машин и оборудования; процессы транспортировки строительных материалов, машин и оборудования; процессы возведения здания, монтажа машин и оборудования; процессы приемки здания, наладки машин и оборудования; процесс ввода в эксплуатацию;

– для этапа эксплуатации ТЭЦ: процесс сжигания топлива; процесс выработки электрической энергии; процесс выработки тепловой энергии; процессы транспортировки электрической и тепловой энергии;

– для этапа утилизации ТЭЦ: процесс сноса здания; процессы демонтажа машин и оборудования; процесс транспортировки строительных отходов; процессы транспортировки отходов машин и отходов оборудования; процесс комплексной переработки и вторичного использования строительных отходов; процессы термической переработки и вторичного использования отходов машин и отходов оборудования.

Библиографический список

1. Bespalov, V. Evaluation of ecological and economic efficiency of environmental management in construction / V. Bespalov, T. Kushnarenko, O. Paramonova // E3S Web of Conferences. — 2019. — Vol. 135. — Art. 04030. https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913504030.

2. Соснина, Е. Н. Экологическая оценка жизненного цикла мини-тэц с различными типами двигателей / Е .Н. Соснина, О. В. Маслеева, Е. В. Крюков, Н. И. Эрдили // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2021. — № 4. — С. 206–214.

3. Танасийчук, О. В. Тепловые электростанции / О. В. Танасийчук, Л. А. Кирьянова // В сборнике: сборник статей международной научно-практической конференции «В мире науки и инноваций»: в 8 частях. — 2016. — С. 178–180.

4. Баева, М. Н. Проблема распределения затрат топлива на производство электрической и тепловой энергии / М.Н. Баева // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. — 2013. — Т. 1. — № 1. — С. 44–47.

5. Соснина, Е. Н. Экологическое воздействие мини-ТЭЦ с газопоршневыми и дизельными двигателями на окружающую среду / Е. Н. Соснина, О. В. Маслеева, Г. В. Пачурин, Д. А. Филатов // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 6. — С. 76–80.

6. Bespalov, V. Analysis of the providing environmental safety supervision in construction and reconstruction of facilities in the urban territories / V. Bespalov, E. Kotlyarova // MATEC Web of Conferences. — 2017. — Vol. 129. — Art. 05005. https://doi.org/10.1051/matecconf/201712905005.

7. Маслеева, О. В. Жизненный цикл ВИЭ: экологическая составляющая / О. В. Маслеева, Г. В. Пачурин // Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева. — 2015. — № 7. — С. 20–23.

8. Щетинина, Е. Д. Определение этапа жизненного цикла продукта и особенности маркетинговых мероприятий на различных этапах жизненного цикла / Е. Д. Щетинина, А. Е. Шемякина // Белгородский экономический вестник. — 2021. — № 1 (101). — С. 59–63.

9. Bespalov, V. Analysis of methodological approaches and development of principles for describing properties characterizing the dynamics of the emission and spreading of toxic components of plants of the fuel and energy complex / V. Bespalov, O. Gurova, M. Volodina, L. Alekseenko // MATEC Web of Conferences. — 2018. — Vol. 226. — Art. 04009. https://doi.org/10.1051/matecconf/201822604009.

10. Малая, Э. М. Создание оптимальных проектных решений при использовании комбинированной генерации различных видов энергии / Э. М. Малая, Е. И. Николаева // Техническое регулирование в транспортном строительстве. — 2019. — № 4 (37). — С. 222–226.

11. Соснина, Е. Н. Экологические проблемы возобновляемых источников энергии: монография / Е. Н. Соснина, О. В. Маслеева, Г. В. Пачурин, А. Ю. Кечкин, Н. Н. Головкин. — Н. Новгород: НГТУ, 2014 — 164 с.

Поступила в редакцию 10.11.2022

Поступила после рецензирования 19.11.2022

Принята к публикации 19.11.2022

Об авторах:

Беспалов Вадим Игоревич — заведующий кафедрой «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, профессор, ScopusID, ORCID, izos-rgsu@mail.ru

Гурова Оксана Сергеевна — профессор кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, ScopusID, ORCID, okgurova@yandex.ru

Лысова Екатерина Петровна — доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ScopusID, ORCID, katerina.lysova0803@gmail.com

Гришин Григорий Сергеевич — ассистент кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), daprivet1613@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

В.И. Беспалов, О.С. Гурова — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, научное руководство, анализ результатов исследований, корректировка выводов. Е.П. Лысова, Г.С. Гришин — графическое оформление, доработка текста.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.





УДК 658.5:69.003
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-44-51

Научная статья



Влияние аутригерных систем на пространственную жесткость объекта параметрической архитектуры

Г. М. Кравченко, **Е. В. Труфанова**, **Д. А. Высоковский**

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
galina.907@mail.ru

Аннотация

Введение. В актуальных строительных нормах и правилах введены требования к пространственной жесткости зданий и сооружений. Для выполнения поставленных условий применяют различные конструктивные решения: аутригерные системы, контурные балки, подстропильные конструкции и т.д. В настоящее время для высотных зданий самым распространенным конструктивным решением является введение аутригерных систем в каркас здания.

Материалы и методы. Исследована эволюция формообразования эпициклоидной цилиндрической поверхности в программном комплексе «САПФИР». По результатам исследования определена оптимальная форма объекта параметрической архитектуры. Разработаны пять вариантов конструктивных решений объекта. Выполнено моделирование разработанных каркасов по плитно-стержневой расчетной схеме методом конечных элементов в программном комплексе «ЛИРА-САПР».

Результаты исследования. Анализ результатов статического и динамического расчетов позволяет выбрать рациональный вариант каркаса объекта параметрической архитектуры и обеспечить необходимую прочность с максимальной экономией расходов на материалы для аутригерного этажа. В процессе проведения эксперимента устанавливается эффективность регулирования динамических характеристик каркаса здания, сравниваются технические и экономические показатели предлагаемых вариантов и конструктивных мер, направленных на повышение общей жесткости здания.

Обсуждение и заключения. Проведен сравнительный анализ эффективности регулирования динамических характеристик каждой схемы. Выбрана наиболее рациональная конструктивная схема высотного здания, удовлетворяющая условиям прочности и жесткости с максимальной экономией материала. Кроме эффективного регулирования динамических характеристик горизонтальные пояса жесткости применены как конструктивное мероприятие для предотвращения и защиты высотного здания от прогрессирующего воздействия, которое характеризуется полным или частичным обрушением сооружения.

Ключевые слова: высотное здание, аутригерный этаж, модальный анализ, динамический расчет, метод конечных элементов, несущая способность, каркас здания.

Для цитирования. Кравченко, Г. М. Влияние аутригерных систем на пространственную жесткость объекта параметрической архитектуры / Г. М. Кравченко, Е. В. Труфанова, Д. А. Высоковский // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — Т. 1, № 4. — С. 44–51.
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-44-51

Original article

Influence of Outrigger Systems on the Spatial Rigidity of an Object of Parametric Architecture

Galina M. Kravchenko ✉, **Elena V. Trufanova** , **Dmitry A. Vysokovsky**

Don State Technical University, Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation
✉ irina1000000@gmail.com

Abstract

Introduction. In the existing building industry standards and regulations there are currently put into effect the requirements for the spatial rigidity of buildings and structures. For fulfillment of the set requirements various design solutions are used: outrigger systems, edge beams, subrafter constructions etc. Currently the most common design solution for high-rise buildings is integration of the outrigger systems into a building frame.

Materials and methods. The evolution of forming the epicycloid cylindrical surface in the SAPPHIRE software was investigated. Based on the results of the study, the optimal form of a parametric architecture object was determined. Five versions of an object design solutions were developed. Modeling of the elaborated building frames was performed in the LIRA-SAPR software based on the slab-beam design model by the finite element method.

Results. The analysis of static and dynamic calculations results enables to choose the rational version of a parametric architecture object frame and to provide the necessary strength attributed with maximum possible lean consumption of the materials for the outrigger storey. In the course of experiment the efficiency of a building frame dynamic properties regulation is defined, the technical and economic indicators of the proposed versions and design solutions aimed at increasing the overall rigidity of the building are compared.

Discussion and conclusion. A comparative analysis of the dynamic properties regulation efficiency was carried out for each structural scheme. The most rational scheme for a high-rise building was selected, the one meeting the strength and rigidity requirements and proving to be the most material saving. In addition to the efficient dynamic properties regulation, the horizontal stiffening rings were implemented as a constructive solution to prevent and protect a high-rise building from progressing impact which accounts for complete or partial collapse of the building.

Keywords: high-rise building, outrigger storey, modal analysis, dynamic calculation, finite element method, load-bearing capacity, building frame.

For citation. G. M. Kravchenko, E. V. Trufanova, D. A. Vysokovsky. Influence of Outrigger Systems on the Spatial Rigidity of an Object of Parametric Architecture. Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning, 2022, vol. 1, no. 4, pp. 44–51. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-44-51

Введение. В современной строительной индустрии стремительно развивается проектирование высотных зданий, которые являются символами успеха, лидерства и экономической мощи, признаком высокой конкурентоспособности страны. Для таких сооружений, как правило, на первый план выходят расчеты на динамические воздействия и определение динамических характеристик каркаса здания.

Исследования многих российских и зарубежных ученых направлены на разработку методов регулирования динамических характеристик высотных зданий, модификацию существующих численных методов расчета железобетонных и металлических конструкций для повышения надежности принятых конструктивных решений.

Возможность применения современной информационной и материальной научно-технической базы для анализа выбранной конструктивной схемы и дальнейшей корректировки повышают надежность и экономичность

проектного решения. Учет и регулирование динамических характеристик каркаса многоэтажного здания позволяет выбрать рациональную расчетную схему, необходимые сечения для нормальной работы отдельных конструктивных элементов и всего здания в целом.

В задачу проектирования высотных зданий входит определение влияния горизонтальных нагрузок с ростом высоты здания, так как эти значения при определенной высоте вызывают настолько большой горизонтальный прогиб, что требования жесткости несущих конструкций, а также необходимость выполнения регулирования динамических характеристик, выходят на первый план и становятся определяющими при выборе конструктивной схемы. Кроме того, эффективность принятой конструктивной схемы зависит от вида применяемого материала для несущих конструкций. Оптимизация конструктивной системы высотного здания сводится к достижению максимальной жесткости при минимальном весе.

В современном проектировании высотных зданий простые конструктивные системы встречаются редко. Чаще всего применяют комбинированные конструктивные схемы, позволяющие соединить в себе достоинства и сглаживать недостатки обычных схем. Каркасные системы широко применяются в строительстве высотных зданий, как правило, в чистом виде эта конструктивная схема наиболее рациональна при строительстве высоток до 30 – 35 этажей. Для более высоких зданий данная конструктивная схема считается неэффективной, поскольку не может обеспечить достаточную жесткость.

Каркасные здания позволяют свободно выполнять любое фасадное заполнение, в том числе и стеновое заполнение из кирпичной кладки, и свободно устраивать в них проемы.

Для обеспечения необходимой прочности и устойчивости высотного здания вводят систему аутригерных этажей. Степень, с которой будет повышаться общая жесткость и устойчивость здания при использовании аутригерных конструкций, зависит от их количества и местоположения [1–3]. При большом числе аутригерных систем минимизируются горизонтальные и вертикальные перемещения, при этом увеличивается устойчивость здания, с другой стороны, уменьшение количества аутригеров может привести к увеличению поперечных сечений колонн и ядра жесткости. Поэтому количество аутригерных этажей необходимо определять при разработке конструктивных решений здания. Исследования по оптимизации расположения поясов жесткости по высоте показывают, что первый аутригер выгоднее располагать на самом верхнем техническом этаже, а второй на 1/2 высоты здания. Этот аутригер будет контролировать общие перемещения верха здания.

В процессе формирования конструктивного решения и поиска наиболее рациональной формы плана высотных зданий проектировщики сталкиваются с главной проблемой — концентрацией горизонтальных нагрузок, а также необходимостью гашения колебаний и регулирования динамических характеристик. Поэтому в основном высотные здания проектируются преимущественно башенного типа. В нашей стране большинство высотных зданий принадлежат к наиболее простым в конструктивном плане группам: «параллелепипеды» и «цилиндры», что обусловлено в основном экономическими факторами.

Для разработки и оптимизации конструктивных решений высотных зданий используют технологии информационного моделирования (в том числе BIM-технологии), получившие широкое распространение во всех развитых странах мира. Этот сложный процесс позволяет создавать и использовать информацию по строящимся, а также завершенным объектам капитального строительства.

Актуальность BIM-технологий в строительстве возрастает с каждым годом в связи с разработкой все более масштабных и сложных проектов, а также благодаря появлению программного обеспечения. Данная технология обладает рядом преимуществ:

– возможность уменьшения количества ошибок на стадии проектирования, сокращение количества проектных изменений;

– улучшение коммуникаций между проектировщиками;

– заметное уменьшение стоимости строительства;

– сокращение общей продолжительности проекта.

Применение информационного проектирования в процессе исследования позволило определить условия для устройства аутригерных систем, дать рекомендации по распределению динамических нагрузок и определению местоположения аутригеров в здании.

Материалы и методы. Объектом исследования является здание параметрической архитектуры высотой 117,2 м с размерами в плане 37×37 м. Площадка строительства — г. Ростов-на-Дону. Несущая конструктивная система здания запроектирована таким образом, чтобы вертикальные несущие элементы располагались от фундамента один над другим по высоте здания, то есть были соосными. Несущая конструктивная система здания является регулярной в плане.

На первом этапе исследована эволюция формообразования эпициклоидной цилиндрической поверхности в программном комплексе «САПФИР». По результатам исследования определена оптимальная форма исследуемого объекта параметрической архитектуры.

Методом конечных элементов (МКЭ) выполнено моделирование пространственного монолитного каркаса здания в программном комплексе «ЛИРА-САПР». МКЭ является главным инженерным инструментом автоматизированного математического анализа напряженно-деформированного состояния строительных конструкций.

Плиты перекрытий и стены моделировались оболочными элементами, колонны — 3D-стержневыми элементами. Для всех конечных элементов использованы 6 степеней свободы в узле.

Современное проектирование высотных зданий не представляется возможным без использования горизонтальных поясов жесткости. Для каждого высотного здания конструкция и форма аутригера индивидуальны. Задача проектировщиков подобрать оптимальное положение и конструкцию аутригерного пояса к конкретной конструктивной схеме высотного здания.

Предложено пять видов конструктивных решений каркаса здания:

1) без аутригерных этажей;

2) с устройством аутригера на верхнем этаже в виде фермы;

3) с устройством двух аутригерных этажей в виде фермы на верхнем этаже и в середине здания;

4) с устройством аутригера на верхнем этаже в виде монолитной стены;

5) с устройством двух аутригерных этажей в виде монолитной стены на верхнем этаже и в середине здания.

Сведения об элементах конструкций:

– для несущих железобетонных конструкций принят бетон класса В35;

– для армирования конструкций принята арматура класса А500;

– высота перекрытий 235 мм;

– высота фундаментной плиты 1500 мм;

– сечение колонн изменяется от 600×600 мм до 400×400 мм по высоте здания;

– сечения диафрагм жесткости переменные по высоте (от 400 мм до 300 мм);

– стены подвала толщиной 400 мм;

– сечение ферменных аутригеров — 500×400 мм;

– толщина стенового аутригера — 200 мм.

Конечно-элементные модели каркаса здания параметрической архитектуры представлены на рис. 1.

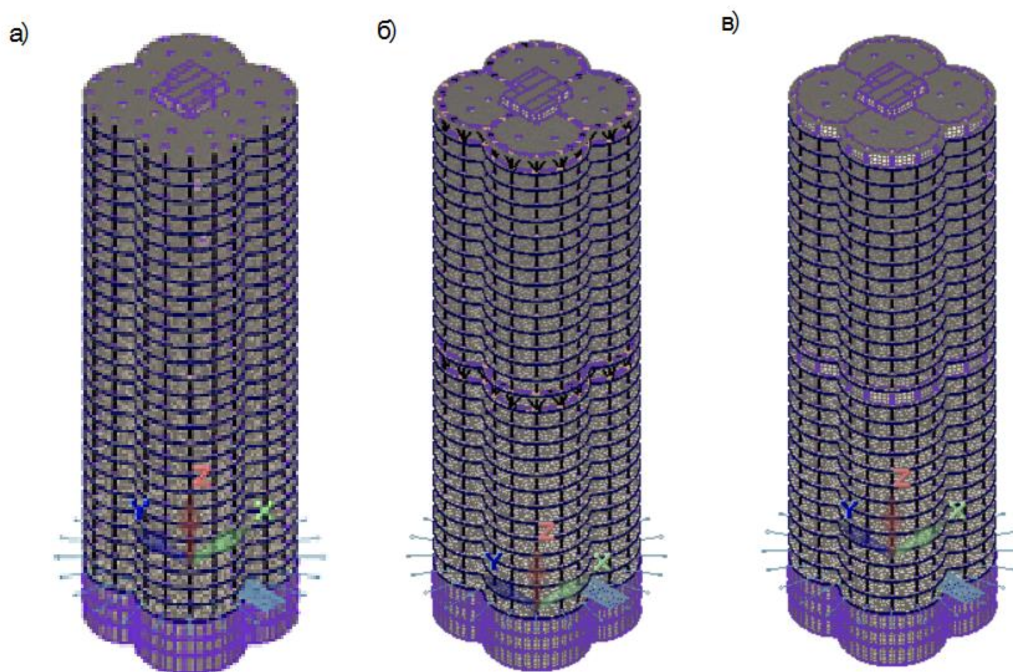


Рис. 1. Конечно-элементные модели каркаса здания:
а) модель №1; б) модель №3; в) модель №5 (рисунок авторов)

Предложено два вида аутригерных этажей: в виде железобетонных ферм и монолитных стен (рис. 2).

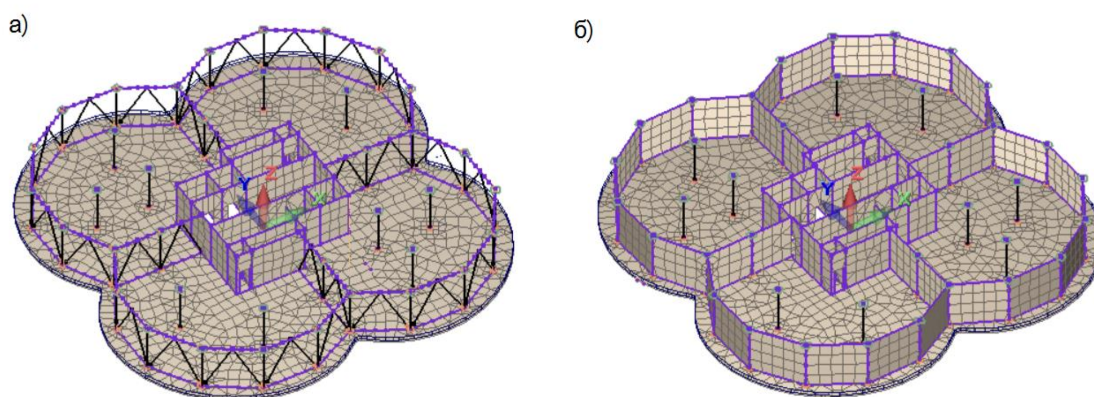


Рис. 2. Конструктивные решения аутригерных этажей:
а) вариант 1; б) вариант 2 (рисунок авторов)

В расчетных моделях учтены статические и динамические нагрузки: собственный вес, постоянная нагрузка на плиты перекрытий и покрытий, полезная нагрузка, снеговая нагрузка, ветровая нагрузка по X и Y (с учетом пульсационной составляющей).

Главной особенностью динамических нагрузок является их быстрое изменение величины, направления, места приложения. Эти нагрузки вызывают у зданий и сооружений колебания, которые необходимо учитывать при выполнении модального анализа.

Вид расчётной схемы сооружения имеет ключевое значение в выборе метода определения и анализа спектра частот и форм колебаний. Данный анализ позволяет на ранней стадии проектирования определить картину вынужденных колебаний, выявить наиболее невыгодные значения низших частот, периодичность и продолжительность кратковременных нагрузок.

При динамических воздействиях нужно учитывать не только перемещения точек сооружения колебательного характера, но и внутренние усилия и напряжения в его элементах. Определение спектра собственных частот, напряжений в несущих элементах высотного здания при его колебаниях, а также сравнение этих значений с предельными составляют основную задачу динамического расчета для проектировщиков.

В ходе исследования выполнен динамический расчет пяти вариантов расчетных схем. Получены частоты и формы собственных колебаний [4].

Результаты исследования. Результаты динамического расчета на собственные колебания показали, что для всех исследуемых моделей первая и вторая формы поступательные, третья форма носит крутильный характер движения, четвертая форма имеет изгибно-крутильный характер колебаний [5–7].

Предельное значение частоты собственных колебаний для железобетонных зданий, проектируемых в г. Ростов-на-Дону, равно 1,2 Гц. При определении пульсационной составляющей ветровой нагрузки необходимо учитывать формы собственных колебаний с частотами ниже предельной: первые четыре формы колебаний для второй, третьей, четвертой, пятой модели и первые пять форм собственных колебаний для первой модели [8].

По результатам общего статического расчета получено, что для конструктивного решения каркаса здания без аутригерного этажа (модель 1) не выполняются требования нормативной документации: горизонтальные перемещения превышают допустимые значения; превышено максимальное ускорение верхнего этажа здания (нарушено требование о динамической комфортности).

Таблица 1 содержит результаты напряженно-деформированного состояния с учетом динамических воздействий на каркас здания (пульсационная составляющая ветровой нагрузки).

Таблица 1

Максимальные горизонтальные и вертикальные перемещения

Модель №	Перемещения по осям, мм		
	X	Y	Z
1	204,0	224,0	148,0
2	172,0	189,0	117,0
3	157,0	172,0	95,5
4	155,0	170,0	104,0
5	134,0	147,0	82,9

Для обеспечения пространственной жесткости каркаса здания в расчетную схему необходимо ввести устройство связевых этажей. При выборе оптимальной конструктивной схемы аутригерного этажа и количества связевых элементов необходимо учитывать не только прочностные, но и экономические характеристики [9–10].

Во второй модели аутригерный этаж выполнен на верхнем техническом этаже в виде ферм. Верхний пояс, нижний пояс и раскосы выполнены из железобетона сечением 400×400 мм. Введение в конструктивную схему этажа повышенной жесткости существенно снизило вертикальные и горизонтальные перемещения каркаса здания.

В третьей модели аутригерные этажи выполнены из ферменных конструкций сечением 400×400 мм. Введение в расчетную схему второго аутригерного этажа позволило увеличить жесткость и прочность каркаса здания. Вертикальные перемещения сократились на 36 %, горизонтальные на 24 % по сравнению с моделью без аутригерных этажей.

В четвертой модели аутригерный этаж выполнен из монолитной железобетонной стены толщиной 200 мм, что позволило еще больше сократить перемещения вертикальных и горизонтальных конструкций по сравнению со второй моделью, однако увеличиваются и нагрузки на перекрытия.

В пятой модели введение двух монолитных железобетонных аутригерных этажей позволило существенно увеличить жесткость здания и сопротивление динамическим воздействиям. Недостатком является значительное

увеличение нагрузок и удорожание конструкции. График, представленный на рис. 3, демонстрирует расход материала по конструктивным решениям на устройство этажей повышенной жесткости.

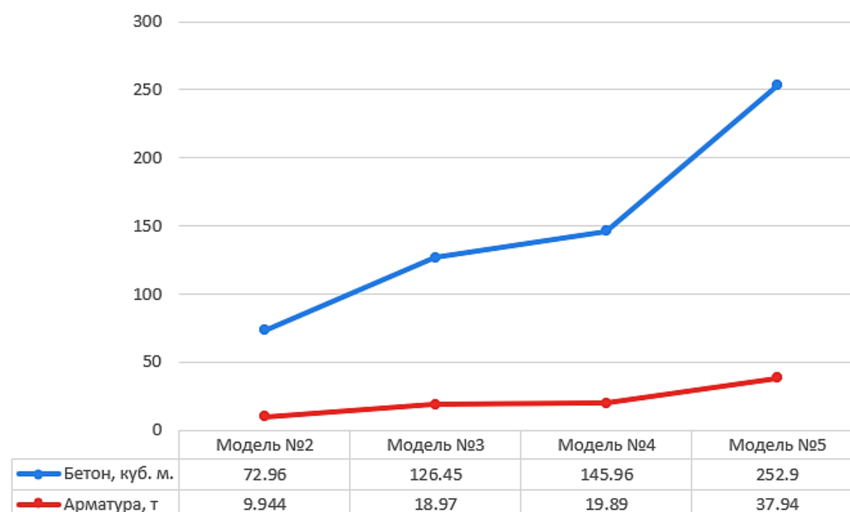


Рис. 3. График расхода материала (рисунок авторов)

В результате исследований показано, что модель № 4 с ферменными аутригерами на верхнем техническом этаже и в середине здания является самой рациональной. Применение данного конструктивного решения соответствует каркасу здания параметрической формы с необходимой прочностью и жесткостью с максимальной экономией расходов на материалы для аутригерного этажа.

Кроме эффективного регулирования динамических характеристик горизонтальные пояса жесткости применяются для предотвращения и защиты высотного здания от прогрессирующего воздействия, которое характеризуется полным или частичным обрушением сооружения.

Обсуждение и заключения. В данной работе был проведен ряд расчетов каркаса многоэтажного здания с учетом динамического ветрового воздействия с целью определения наиболее рационального способа регулирования динамических характеристик, увеличения сопротивления каркаса здания динамическим воздействиям, повышения общей жесткости здания.

С предложенными моделями проведены динамические расчеты, определены динамические характеристики каркаса здания и перемещения узлов несущих элементов.

Проведен сравнительный анализ эффективности регулирования динамических характеристик каждой схемы. Выбрана наиболее рациональная конструктивная схема высотного здания, удовлетворяющая условиям прочности и жесткости с максимальной экономией материала.

Библиографический список

1. Хи, С. Ч. Проектирование аутригерных систем / С. Ч. Хи, Т. Тхорнтон, Х. Гоман, Х. К. Аруп, М. Невилл // Высотные здания. — 2013. — № 5. — С. 5–8.

2. Травуш, В. И. Работа высотных зданий с применением этажей жесткости (аутригеров) / В. И. Травуш, Д. В. Конин // Вестник ТГАСУ. — 2009. — № 2. — С. 77–91.

3. Панасюк, Л. Н. Эффективность конструктивных решений аутригерных этажей высотного здания / Л. Н. Панасюк, Г. М. Кравченко, Е. В. Труфанова, А. Г. Бойко // Строительство и архитектура. — 2019. — № 3 (24). — С. 26–29.

4. Кравченко, Г. М. Исследование собственных колебаний здания сложной параметрической формы / Г. М. Кравченко, Е. В. Труфанова, И. Ю. Данилейко, В. А. Думбай // Молодой исследователь Дона. — 2019. — № 6 (21).

5. Сорока, М. Д. Особенности оценки напряженно-деформированного состояния несущей системы 25-ти этажного монолитного здания / М. Д. Сорока // Естественные и инженерные науки. — 2014. — № 1.

6. Панасюк, Л. Н. О точности определения напряженно-деформированного состояния и конструктивных параметров в областях с особенностями / Л. Н. Панасюк, Г. М. Кравченко, Е. В. Труфанова // Науковедение. — 2013. — № 3.

7. Агаханов, Э. К. Расчет зданий сложной геометрической формы на ветровые воздействия / Э. К. Агаханов, Г. М. Кравченко, Е. В. Осадчий, Е. Ф. Труфанова // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. — 2017. — № 2. — С. 8–17.

8. Кравченко, Г. М. Динамический расчет и анализ полусферической оболочки покрытия объекта «Зимний сад» Технопарка Ростовского государственного строительного университета (РГСУ) / Г. М. Кравченко, Е. В. Труфанова, С. В. Борисов, С. С. Костенко // Инженерный вестник Дона. — 2016. — № 1 — URL:https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3494.

9. Moon, K. S. Studies on various structural system design options for twisted tall buildings and their performances / K. S. Moon // Structural Design of Tall and Special Buildings. — 2014. — Vol. 23. Issue 5. — Pp. 319–333.

10. Daigoro, I. Progressive Collapse Analysis of Structures / I. Diagoro // Butterworth-Heinemann. — 2017. — P. 24.

Поступила в редакцию 20.11.2022

Поступила после рецензирования 25.11.2022

Принята к публикации 30.11.2022

Об авторах:

Кравченко Галина Михайловна — доцент кафедры «Техническая механика» Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ORCID, galina.907@mail.ru.

Труфанова Елена Васильевна — доцент кафедры «Техническая механика» Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ORCID, el.trufanova@mail.ru.

Высоковский Дмитрий Александрович — доцент кафедры «Техническая механика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ORCID, dmvysok@mail.ru.

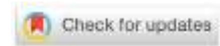
Заявленный вклад авторов:

Г. М. Кравченко — научное руководство, формирование основной концепции, цели и задачи исследования, корректировка выводов. Е. В. Труфанова — проведение расчетов, подготовка текста, формирование выводов. Д. А. Высоковский — анализ результатов исследований, доработка текста.

Конфликт интересов

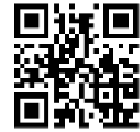
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 05.23.22 (2.1.13)
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-52-58

Научная статья



Общественные инициативы в цифровой политике городских данных

Е. А. Олейник ✉, **С. Г. Шеина**

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
✉ cakebloomandglare@gmail.com

Аннотация

Введение. Современный город трансформируется благодаря стремительному совершенствованию технологизирующейся среды. Технический анализ процесса трансформации города подчеркивает роль горожан как непосредственных пользователей и производителей новых данных. Статья посвящена анализу влияния цифровых технологий на современную жизнь городских жителей. Предложены инструменты снижения уязвимости сетевого урбанизма. Цель данного исследования – выявление новых методов и средств для реализации права городских жителей на комфортную и безопасную жизнь в условиях применения цифровых технологий.

Материалы и методы. Рассмотрен отечественный и зарубежный опыт исследования в области смартизации и дигджитализации современного города. Использован эмпирического метод исследования полученной информации. Предложена agile-методика, внедрение которой позволит разработчикам адаптировать свои разработки под актуальные нужды городских пользователей и человечнее отнестись к выпуску и тестированию новых продуктов для потенциальных пользователей. Городской активизм как форма инвентаризации городского пространства рассмотрен в качестве эффективного инструмента решения гражданами локальных городских проблем.

Результаты исследования. Тесное взаимодействие граждан в процессе использования технологий, их борьба за право влиять на городскую среду и принимать или отвергать решения, вносимые в нее городскими властями установлено в процессе анализа эмпирических данных. Активность горожан ставит под сомнение концепцию умного города как города технологий, уже несколько десятилетий развивающуюся под патронажем IT-технологий. Самоизоляция во время пандемии COVID-19 выявила такие проблемы, как небезопасность сохранности данных пользователей, мошеннические действия населения, а также усилила политическое напряжение во взаимодействии городской власти и горожан Это сомнение подкрепляют действия активно разворачивающихся избирательных кампаний, использующих проблемы городской среды в качестве эффективного инструмента продвижения депутатами своей политики.

Обсуждение и заключения. В заключении обобщены данные, полученные путем эмпирического метода исследования полученной информации от пользователей-активистов. Привлекая общественность, депутаты и администрация муниципалитетов совместно инспектируют город, наносят городские объекты на коллективную карту города, существующую в пространстве интернета, придают им коллективную оценку. Все это становится ресурсом для политического коллективного действия. Выход гражданских активистов из онлайн-пространства в офлайн позволил установить гибридную (материальную и медийную) форму участия современных граждан в жизни города, а также гибридности самого пространства городской среды.

Ключевые слова: цифровизация, урбанистика, смартизация, цифровое неравенство, онлайн-сервисы, ГИС-технологии.

Для цитирования. Олейник, Е. А. Общественные инициативы в цифровой политике городских данных / Е. А. Олейник, С. Г. Шеина // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — Т. 1, № 4. — С. 52–58. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-52-58

Original article

Public Initiatives in the Frame of Urban Data Digitalization Policy

Kate A. Oleinik ✉, **Svetlana G. Sheina**

Don State Technical University, Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation
✉ cakebloomandglare@gmail.com

Abstract

Introduction. A modern city undergoes transformation due to the rapid modernisation of technologized environment. The technical analysis of the city transformation process highlights the role of urban residents as direct users and producers of new data. The article is targeted at the analysis of digital technologies impact on the modern life of urban residents. The tools for reducing the network urbanism vulnerability are proposed. The aim of this study is to identify the new methods and means which would allow urban residents to realize their right for comfortable and safe life in the context of digital technologies application.

Materials and methods. The domestic and foreign research experience in the field of smartization and digitalization of a modern city was considered. The empirical method of studying the obtained information was used. The implementation of agile methodology was proposed, which allowed the developers to adjust their innovations to the current needs of the urban users and to have more socially-oriented attitude to release and testing of new products designated for potential users. Urban activism being a form of urban space inventory is investigated as an efficient tool for the citizens to solve the local urban problems.

Results. The close interaction among citizens in the process of using the technologies, their struggle for the right to have influence on the urban environment and to be able to accept or reject solutions implemented thereto by the city authorities have been revealed in the course of the empirical data analysis. Urban residents' activism calls into question the concept of a smart city being a city of technology which has been developing under IT technologies influence for several decades. Self-isolation during the COVID-19 pandemic revealed such problems as insecure storage of users' data, fraud among population as well as increased political tension between the city authorities and urban residents. This doubt is backed by the activities within the eagerly launched election campaigns, where the urban environment problems are used by the deputies as the efficient tool for promoting their policy.

Discussion and conclusion. In conclusion, the data obtained through the empirical study of the information received from activists is summarised. The deputies and administration of municipalities jointly with the public inspect the city, mark the city objects on the interactive online city map and provide collective assessment thereof. All this becomes a resource for political collective action. Transition of civil activists from online into offline format made it possible to set up a hybrid (material and media) form of modern citizens' participation in the life of the city, as well as fostered the hybridity of the urban environment itself.

Keywords: digitalization, urbanism, smartization, digital inequality, online services, GIS technologies.

For citation. E.A. Oleynik, S.G. Sheina. Public Initiatives in the Frame of Urban Data Digitalization Policy. Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning, 2022, vol. 1, no. 4, pp. 52–58. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-52-58

Введение. Цифровой мир XXI века является городским. Понятия «умный» и «цифровой» для современного понимания города с точки зрения растущей технологизации используются как идентичные. Так считают исследователи, которые обращаются к описанию умного, сетевого, цифрового города. Однако растиражированные современной культурой определения следует различать, поскольку они давно вышли за рамки академических дискуссионных кругов, а их интерпретация, исключающая различия в их содержании, но схожая в

обывательских кругах, раскрывает исключительно техноцентрическую составляющую семантики словосочетания «умный город». Сегодня «умный» предполагает город, оснащенный датчиками и ресурсами, но не комфортный для жизни в нем людей. В этом смысле игнорируется большой пласт исследований и разработок, направленный на смещение фокуса с «умных городов» на «умнеющих» горожан, поскольку человек является центром преобразования среды вокруг себя, а следовательно — и субъектом такого города. Известны примеры, как идеально спроектированные города пополняют списки городов, исчезающих с карты. Горожане в то же время, вступая в противоречие с логическими настройками умных систем, настраивают технологии для решения своих локальных проблем [1]. Существенным аргументом в пользу смычки понятий «цифровой» и «город» способствует идея создания виртуального пространства, возникшего благодаря активному внедрению технологий, но лишенного физического воплощения. К тому же основные виды человеческой деятельности локализируются в городах, а в тех в свою очередь концентрируется цифровая инфраструктура. По мнению Мануэля Кастельса и других исследователей в области современной урбанистической парадигмы, города — это пространственные центры концентрации видов деятельности, приносящих доход, сферы услуг, а также возможности для потенциального развития личности, которые сосредоточены в своем большинстве именно в мегаполисах. Тем не менее необходимо подчеркнуть различие понятий-конкурентов «цифровой» и «умный» прежде всего в историческом контексте. Понятие «умный» относится к 1986-1990 годам, когда возникла необходимость определения нового состояния городской среды. Понятие же «цифровой» появилось в науке позднее, в 1990-1995[1] годах. Никос Комнинос, автор материала «Умные города и интеллектуальные связи: платформы, экосистемы и сетевые эффекты», полагает, что границы понятий, стертые в результате технологического перенасыщения города, стали размываться в промежутке конца 1980-х – начала 1990-х [2].

Автор в своей книге нередко упоминает концепцию «intelligent-smart-digital-cyber city» и в то же время подчеркивает, что термин «умный город» возник под влиянием цифровых технологий на экономические процессы в городе из-за их конкурентоспособности в борьбе за привлечение человеческого капитала и удержания его в своей среде. «Цифровой» и «кибергород» встречались в это же время, когда существовала необходимость репрезентовать в 3D компьютерных моделях или оцифровать уже имеющиеся данные [1, 4].

В сегодняшнем понимании благодаря возросшему количеству научных трудов, посвященных смартизации, а также программам социально-пространственного развития государств, актуальным становится сдвиг фокуса в сторону «умнеющих горожан». Несмотря на человеко-ориентированный подход в декларациях представителей государственной власти, теории сетевых, умных, подключенных городов остаются нечувствительны к человеку. Наибольшее внимание властей сосредоточено на материальной составляющей понятия «пространства», а именно на инфраструктуре, технологиях, создающих города и совершенствующих процессы в них [5]. Комнинос упоминает о трех основных вызовах умных городов — рост умных систем, устойчивость и безопасность. Все они касаются, в основном, городских технологий, а не жителей города. Другие исследователи (Китчин и Додж) выделяют уязвимость умных систем и сохранность данных как два основных риска[2]. Уязвимость особенно выразилась в период пандемии COVID-19, ставшая испытанием технологий на прочность. Города же приобрели форму основных полигонов для тестирования новых средств цифрового контроля. Задача исследования — раскрыть положительное влияние технологий, без которых сложно представить современный город вкупе с их прямыми пользователями — городскими жителями. Задача решается в процессе выявления новых методов и средств для реализации права городских жителей на комфортную и безопасную жизнь в условиях применения цифровых технологий.

[1] Komninos N. Smart cities and connected intelligence: platforms, ecosystems and network effects. Routledge, 2020. P. 36
[2] Kitchin R., Dodge M. Code/Space: Software and everyday life. – Cambridge, MA: MIT Press, 2011.

Материалы и методы. Большинство исследований в области современной урбанистики, в частности характера изменений городских процессов в период пандемий лишь подтверждают опасения и риски специалистов о неготовности цифровых трендов выдержать проверки нештатными ситуациями. Технологические сбои нельзя назвать эпизодическими. Следует признать систематические нарушения одним из неотъемлемых свойств. Имеет смысл отлаживать уже существующие системы при помощи достаточно распространенного подхода в управлении, называемого agile-методологией. Этот инструмент, столь популярный в бизнесе, оказался парадоксально неэффективным во время пандемии. Выпуск «сырого» приложения для обеспечения изоляции инфицируемых, «тестируемого» пользователями, не прошел должного исследования (как и новая вакцина) и, как следствие, подверг страдающих от болезней людей дополнительным «цифровым пыткам», выразившимся в необходимости делать селфи в любое время суток.

Последствия таких нововведений для горожан нашли отражения не только в негативных отзывах на страницах социальных сетей и магазинов приложений. Известно о факте нахождения под следствием разработчиков приложения «Социальный мониторинг» за мошенничество в особо крупных размерах. Тем не менее, любая апробация нового продукта, будь то приложение или любая другая городская реформа, проводимая властями, должны определять пределы допустимого, а жители — границы внедрения нового, что полностью отражает концепцию agile-инструмента, которая руководствуется принципом «индивиды и взаимодействия важнее процессов и инструментов»[3].

Работу с данными нельзя исключить из повседневной жизни горожан. Сетевые ресурсы предполагают ежедневное обращение к многочисленным услугам и сервисам. Навигация при построении маршрута куда бы то ни было, планирование задач не обходится без обращения в соответствующие ресурсы [6]. Почти все они функционируют на портативных устройствах, и этот факт подвергает сомнению утверждение, что человек управляет техникой. Предполагалось, что, освободив себя от стационарных персональных компьютеров и различных девайсов к ним, без которых невозможно выйти в физическое пространство города, человек получит свободу, ввиду отсутствия проводов, ограничивающих перемещение. Мобильные устройства позволили людям носить свой «мир» с собой, ведь техника оснащена всем необходимым своего владельца и заточена на удовлетворение его потребностей, таких как хранение нужной хозяину информации, адаптированными под предпочтения пользователя настройками, имеет дизайн, подчеркивающий значимость и раскрывающий индивидуальность[4]. В то время как активная цифровизация современного общества рассматривается как возможность новых свобод, принудительная смартизация вызывает протесты. К примеру, многие с трудом переносили самоизоляцию. Выход в город был невозможен без смарт-систем, которые требовали от людей наличия сопутствующих для успешного их функционирования различных девайсов, а также навыков пользования приложениями и другими программами. Именно это заставляет задуматься о цифровом неравенстве. Многие крупные цифровые платформы, возникшие еще до пандемии, освободили людей от привычной ежедневной рутины и преобразовали многие материальные формы, привычные для горожан в городской среде, такие как магазины, офисы, рестораны и т.п. [7, 8].

В тех городах, где общество вступает в конфликт с властями, эффективность мер по защите горожан от заражения оставалась невысокой. В процессе анализа нельзя не учитывать недобросовестное выполнение верхушкой своих обязанностей, а также превышение полномочий и пренебрежения свободой граждан со стороны администрации города.

---

[3] «Социальный мониторинг попал под следствие». Выявлена афера при разработке мобильных приложений // КоммерсантЪ : [сайт]. URL: https://www.kommersant.ru/doc/4739820

[4] Исследователи цифрового города развивали идеи Рейдмонда Вильямса о мобильной приватизации, созданной для описания эффектов телевидения. Мобильная приватизация-возможность наблюдать за миром (быть подвижным), находясь в уютном и защищенном пространстве дома. См. Williams R Television: technology and cultural form. Abingdon, New York: Routledge, 2003.

Например, в Москве цифровая слежка, осуществляемая с помощью оборудования по распознаванию лиц, использовалась для идентификации людей, вышедших на митинги в январе 2021 года.

Как следствие, цифровизация обострила также экономический аспект многих стратегий, ориентированных на устойчивое развитие современных городов. Вопрос «люди или технологии?» стоит особенно остро, когда речь идет о распределении финансовых потоков государства на улучшение показателей качества жизни [8].

В стремлении расставить прежде всего политические приоритеты, многие государства инвестируют в технологические инфраструктуры и новые проекты, направленные на исправление различных неточностей, нежели на навыки пользователей [9].

Из вышеописанного следует, что горожане не очень интересуют исследователей цифровых умных городов. И этот факт лишь подчеркивает актуальность проблемы, стоящей на сегодняшний день перед урбанистами и смежными с ними специалистами. Смещение фокуса научных деятелей в сторону решения исключительно технической части проблемы также дополнительно поляризирует понятия «цифра» и «люди».

Результаты исследования. Нивелировать возникший эффект в подмене понятий может городской активизм как форма инвентаризации городского пространства. Для такого формата гражданского участия необходимо разделяемое участниками определение проблемы, общее видение идеальной среды, которое можно достигнуть совместными усилиями, и вместе с этим явные отклонения от желаемого результата, которые также можно наблюдать в городе, если не поддерживать городской активизм [10]. Городской активизм — это такая форма участия граждан в жизни города, которая предполагает взаимное сотрудничество, готовность и энтузиазм городских жителей в решении насущных городских проблем. Конкретные вызовы в городской среде, воспринимаемые горожанами как личное и «близкое к дому», являются наиболее вероятным фактором мобилизации гражданской активности. В российских политических условиях такая практика активности среди граждан позволяет решить вопросы, не прибегая к политическим формам воздействия (которые вызывают у обычных граждан негативное отношение и представляются опасными и бесперспективными). Городские экскурсии, инициируемые жителями, а в некоторых случаях — специалистами в области градостроительства, реставрации памятников, волонтерские движения в поддержку сохранения архитектурного наследия — все это современные форматы взаимодействия с городским пространством. Сегодня они активно популяризируются благодаря развитию и распространению цифровых технологий.

Распространенными инструментами новой политики граждан становятся те виды деятельности, которые можно охарактеризовать как индивидуально-подчеркнутые (подписать петицию, опубликовать пост на злободневную тему и поделиться им с другими пользователями, провести google-опрос среди жителей на выявление существующих городских проблем и т.п.). Многочисленные онлайн-сервисы, такие как Google Street View, панорамы онлайн-карт, позволяют «пройтись» по улицам любого населенного пункта, а сервисы с доступом к ретроспективе могут оказаться полезными для широкого круга городских обозревателей и специалистов. Городские активисты также могут использовать открытые данного такого краудсорсинга для определения новых данных и дополнения уже существующих [7]. Отмечается также коллективистский эффект от использования подобных цифровых инструментов. Действие, происходящее в режиме «онлайн» неизбежно перетекает в реальный мир. Группы, создающиеся на просторах сети «Интернет» часто самоорганизовываются на основе общих интересов или волнующих городских проблем и организуют личные встречи-пикеты в пользу реставрирования жилых дворов или сортировке мусора. «Прогулки», экскурсии и народные инвентаризации можно рассматривать как реализацию принадлежности к месту, гражданство через коллективную практику. И если в 2010-2012 годах такие формы активности создавались с целью борьбы против строительства, то уже на момент 2013-2015 годов гражданские инициативы стали использовать краудсорсинг. Например, движение «Красивый Петербург» использовало формат прогулок-инспекций для оценки состояния зеленых насаждений в городе. А

уже градозащитники, продолжая традицию прогулок-инспекций, создали на этой основе проект «Пространство Петербурга», куда желающие могут загрузить информацию об объектах исторической среды, находящихся под угрозой.

В ходе подобных прогулок формулируется определенная интерпретация городской среды, которая затем транслируется в социальных медиа. Особенно это заметно в политической игре. «Инвентаризации» и других различных формах определения, что хорошо и что плохо в городе. После размещения информации в виде репортажа в медиа она превратилось в инструмент предвыборной борьбы. Формат прогулки был использован избирательными кампаниями в качестве эффективного инструмента в предвыборной гонке. В результате всплеска интереса к выборам после протестов 2011-2012 годов в предвыборной гонке стало участвовать больше оппозиционных кандидатов [11, 12]. Кандидаты в муниципальные депутаты активно используют места для прогулок по улицам города и встреч с жителями. Такая «естественная» политизация позволяет реализовать несколько целей. Во-первых, продемонстрировать видение «правильного» города оппозиционными кандидатами, во-вторых, проиллюстрировать конкретные проблемы муниципалитетов, а также добиться живого эмоционального отклика городских жителей на происходящие события. Яркий пример подобной практики реализовал кандидат в муниципальные депутаты в Екатерингофском округе Санкт-Петербурга Александр Минаков, подчеркивая важность личных встреч с избирателями. Избирательная кампания Минакова активно задействовала формат описания и представления городских проблем, появившихся за несколько лет в популярных блогах Ильи Варламова (zyalt.livejournal.com) и Артемия Лебедева (http://tema. livejournal.com), а именно фоторепортажи о проблемах города с краткими комментариями [12].

Таким образом, город становится гибридным образованием, где переплетаются логичным образом материальное и медийное. Городское пространство сейчас — это платформа выявления насущных социальных проблем. Городское общество открыло для себя это пространство

Открыло эту арену первоначально гражданское общество, а уже городские власти подхватили популярность инвентаризационных прогулок. Такое развитие демонстрирует не только эффективность и важность новой арены. Интерактивность как качество нового гибридного пространства также присутствует в том, как за результатами некоторых прогулок следят другие участники политической жизни и вырабатывают ответные ходы.

Обсуждения и заключение. В результате проведенного исследования выявлено, что умный город-пространство имеет не только технологическое измерение, предполагающее повсеместную дигитализацию, но обладает также институциональным аспектом, означающим трансформацию в отношениях между государством и гражданами.

Человеческая составляющая новых взаимоотношений раскрывается в формах овладения новым технологиями, а также во взаимодействии пользователей. Интерактивные онлайн-технологии позволяют создать дополнительную инфраструктуру для координации действий горожан и для участия их в политическом процессе. Горожане могут стать источника данных, выступить в роли «проверяющего», «инспектора», оценивающего соответствие материальной среды города разделяемым ими ценностям. Цифровые технологии изменяют принципы функционирования общественных движений, предоставляя им новые возможности и ресурсы, открывая новые арены гражданской деятельности.

Таким образом, практически любой житель города – пользователь цифровых медиа может выступить в роли эксперта и источника знаний о городской среде. Память, смыслы, возможность экспертно выступить на публичной дискуссионной площадке становятся важными ресурсами политического коллективного действия.

Библиографический список

1. Graham S., Marvin S. Splintering urbanism: Networked infrastructures, techniligical mobilities and the urban condition. New York: Routledge, 2001.

2. Komninos N. Smart cities and connected intelligence: platforms, ecosystems and network effects. Routledge, 2020.

3. Kitchin R., Dodge M. Code / Space: Software and everyday life. — Cambridge, MA: MIT Press, 2011.

4. Forster T., Penagos A., Scherr S., Buck L., Ramirez E. Stocktaking on Territorial Approaches – Experiences and Lessons. URL: giz.de/en/downloads/Territorial%20Approaches%20for%20Sustainable%20 Development.pdf.

5. Thwaites K. S., Porta O. Romice and M. Greaves, 2007. Space and people: the case for socially sustainable urban design. Urban Sustainbility through Environmental Design:approaches to time, people and place responsive urban spaces, HT166.U7453 2007(HT166.U7453 2007): P. 4–9.

6. Bridle J. New Dark Age: Technology and the End of the Future. Verso, 2018.

7. Kitchin R. The opportunities, challenges and risks of big data for official statistics// Statistical Journal of the International Association of Official Statistics. 2015. Vol. 31. № 3. P. 471–481.

8. Gerbaudo P. Twwets and the Streets. Social media and Contemporary Activism. — London: Plutopress, 2012.

9. Kitchin R. Data-driven, networked urbanism: The Programmable City Working Paper 14 (2015, August 10). URL: http://www.spatialcomplexcity.info/files/2015/08/SSRN-id2641802.pdf .

10. Dodge M., Kitchin R. Codes of life: Identification codes and the machine-readable world // Environment and Planning D: Society and space. — 2005. — Vol. 23. № 6. — P. 851–881.

11. Goodwin J., Jasper J.M., Polletta F. Passionate politics: emotions and social movements. Chicago: University of Chicago Press, 2001.

12. Jasper J. M. Introduction. Playing the game // Players and arenas. The interactive dynamics of protest. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2015. P. 9-32.

Поступила в редакцию 20.11.2022

Поступила после рецензирования 25.11.2022

Принята к публикации 30.11.2022

Об авторах:

Шеина Светлана Георгиевна — заведующая кафедрой «Городское строительство и хозяйство» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, профессор, Scopus ID, ORCID, rgsu-gsh@mail.ru.

Олейник Екатерина Андреевна — учащаяся 2 курса по направлению «Территориальное планирование и управление развитием территорий» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID, cakebloomandglare@gmail.com.

Заявленный вклад авторов:

Е. А. Олейник — формирование основной концепции, методология исследования, подготовка текста, формирование выводов. С. Г. Шеина — научное руководство, анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.